【原著論文（一般論文）】

ビートファイバー添加がフランクフルトソーセージの理化学特性に与える影響について

島田 謙一郎，霜越 亜耶，韓　圭鎬，永田 龍二，福島 道広

帯広畜産大学，北海道帯広市　080-8555

（2025.5.8 受付，2025.5.23 受理）

要　約

甜菜から砂糖を製造する副産物から製造されるビートファイバー（Sugar beet fiber, SBF）には不溶性食物繊維が含まれており，様々な健康機能性が報告されている。食肉製品への利用の報告が殆どないことから，フランクフルトソーセージ製造時の原料肉に SBF を 0.2%，2.0%，5.0%および 10.0%を添加したものと，対照区として 0.0%の添加しない製品を製造し，水分量，加圧ドリップロス，保水性，色調値，剪断値および官能検査を行った。水分量および加圧ドリップロスは SBF の添加濃度が 2.0%まであまり変化せず，5.0%以上で減少し，保水性は逆に 5.0%以上で増加傾向を示した。色調値では明度（L* 値）および黄色度（b* 値）は SBF の添加による影響は見られず，赤色度（a* 値）は 2% SBF の添加まではあまり変化せずに，5.0%以上で低下傾向を示した。剪断値は 0.2%から添加濃度に依存して低下した。対照区と 2.0% SBF の 2 点で官能検査を行うと，すべての項目で SBF 添加区は劣っていた。他の不溶性食物繊維としてセルロースファイバー（CF）を使い，SBF と 2%添加濃度にして水分量，加圧ドリップロスおよび保水性で比較すると，いずれも CF と SBF 間に違いはなかった。以上の結果から，フランクフルトソーセージに SBF の添加量が多くなると，保水性の改善が期待できるが，嗜好性はよくなかったので，利用の仕方など改善する必要性が認められた。

食肉の科学 **66**（1），45-50，2025

キーワード：ビートファイバー，食物繊維，保水性，フランクフルトソーセージ

1. 緒　言

甜菜（ビート）から砂糖が作られる工程で，抽出の絞り粕にあたるビートファイバーが副産物として生産されている。ビートファイバーは灰白色の粉末で，水溶性と不溶性の繊維質をバランスよく保持している複合型不溶性食物繊維である。繊維質成分としてペクチン 19%，ヘミセルロース 36%，セルロース 23%，リグニン 3%を含み，食物繊維含有率約 80%と，大豆ファイバーは 35%，小麦フスマは 45%のように他の食物繊維と比較しても食物繊維含量が多いので，保水性も高く，また野菜本来の繊維質をそのままの形状で摂取可能ということで注目されている[1)]。さらに，ビートファイバーは様々な健康機能性についての報告が存在する[2,3)]。世界的にも植物由来の機能成分の食肉製品への利用の動きがある[4)]。日本国内では食物繊維は難消化デキストリンを利用した製品が大手メーカから販売された実績がある。しかし，ビートファイバーの食肉製品への利用はまだ報告例が少ない[5,6)]。ビートファイバーを食品に利用した報告例[7,8)]からフランクフルトソーセージへの添加濃度は 1 ～ 2%を中心に添加量を設定し，フランクフルトソーセージの水分量，加圧ドリップ，保水性，色調値および硬さへの影響を調べ，これまで利用報告のある添加濃度における食味検査も行った。さらに保水性ではビートファイバーと同じ不溶性の食物繊維であるセルロースとの比較も行った。

連絡者：島田謙一郎（fax:0155-49-5577, e-mail：kshimada@obihiro.ac.jp）

2. 材料および方法

材　料

食塩は（財）塩事業センター，砂糖は上白糖（日本甜菜製糖（株)），香辛料として白コショウ，オールスイス，コリアンダー，カルダモン，オニオンパウダーおよびガーリックパウダーは（株）ギャバンスパイス，グルタミン酸ナトリウムは味の素，アスコルビン酸ナトリウムおよび亜硝酸ナトリウムは（株）関東化学の食品添加物グレードを使用した。

食物繊維としてビートファイバーは日本甜菜製糖（株）（東京）総合研究所より提供してもらった。セルロース（セオラス FD−101）は（株）旭化成ケミカルズから入手した。

モデルソーセージの製造

原料となる豚挽肉は赤身 85％として地元の肉屋（(株）やまさミート，帯広）より購入した。この豚挽肉重量に対して，食塩 2.5％，砂糖 0.5％，オールスパイス 0.14％，コリアンダー 0.14％，カルダモン 0.04％，オニオンパウダー 0.02％，ガーリックパウダー 0.02％，グルタミン酸ナトリウム 0.1％，アスコルビン酸ナトリウム 0.1％，亜硝酸ナトリウム 0.008％になるように加え，さらに氷も 20％になるように加え，サイレントカッター（OMF−500K，大道産業）で 2 分間細切・混合した。得られたソーセージ生地をコラーゲンケーシング（＃ 340，（株）ニッピコラーゲン工業）に一定の充填圧で充填し，長さ 15 cm ごとに結紮した。これをスモークハウス（SUB−800C，大道産業）により 60℃で 30 分間温乾燥し，続けて 60℃で 40 分間の温燻をサクラのチップを使い行った。最後に中心温度 63℃・30 分間になるように 70℃で蒸煮法による加熱殺菌行った。食物繊維（SBF，CF）添加群は豚挽肉重量に対する割合で細切・混合時に添加した。

水分量

常圧加熱乾燥法により測定した。細切した試料を約 5 g 秤量皿に入れ精秤し，125℃で加熱乾燥し，デシケータに移して 30 分放冷後，精秤した。これを恒量に達するまで繰り返した。

加圧ドリップ

製造直後に試料の粗熱を取り，ペーパータオルで余分な水分を拭き取ったソーセージのケーシングを除き，1 cm 角の立方体を 3 個ずつ切り出し，5 cm 角の濾紙 3 枚の上に同サイズのナイロンメッシュを 1 枚敷いた上に，ソーセージ片を置き，その上にナイロンメッシュ 1 枚，濾紙 3 枚の順にのせて精密力量測定機（(株）丸菱科学機械製作所）にセットし，30 kg の圧力で 1 分間加圧した。加圧前後の濾紙重量差と試料重量からドリップの損失割合を算出し，加圧ドリップロス（％）とした。測定は室温で行った。

加圧ドリップ（％）＝（W2-W1）÷試料重量（g）× 100
W2: 加圧後濾紙重量（g），W1：加圧前濾紙重量（g）

保水性

保水性は，水分量および加圧ドリップを用いて次式から算出した。

保水性（％）=（1−（加圧ドリップ（％）÷水分量（％））× 100

色調値

用いたソーセージは製造後に真空包装して −30℃で冷凍保存した。測定直前にパックごと流水に漬けて一晩解凍し，開封後にペーパータオルで余分な水分を拭き取り，1 cm 厚に輪切りにし，断面にラップを皺にならないように密着させて分光測色計（CM−2600d，コニカミノルタ，東京）を用いて光源 D65，10°視野，SCE 通常測定モードで L*（明度），a*（赤色度），b*（黄色度）を測定した。測色は室温で行った。

剪断値

一晩流水解凍したソーセージのケーシングを除いて，縦 1 cm × 横 2 cm × 高さ 1 cm の直方体を 3 個ずつ切り出した。剪断値の測定にはレオメーター（FUDOH RHEO METER,（株）不動工業）とレオメーター用解析ソフト「RHEOwin　Ver2.04」（RHEOTECH）を用いた。測定感度を 2 kg，テーブルの上昇速度を 20 cm/min に設定した。剃刀の背が試料を切断し終えるまでの破断強度（g/cm^2）を剪断値として求めた。測定は室温で行った。

食味検査

一晩流水解凍したソーセージを 70℃・40 分間湯煮により 2 次殺菌を行ってからケーシングを除いて，1 cm 厚に輪切りにして半円に切った状態で官能検査に供した。評価は色調，匂い，風味，食感，総合の 5 項目について，対照（無添加）および 2％ビートファイバー添加ソーセージのうち，どちらが好きかを 50 名の学生・教職員を対象に 2 点比較法で実

施した。

統計処理

統計処理には，エクセル統計（BellCurve for Excel ver 4.09,（株）社会情報サービス）を用いた。多重比較検定は Tukey-Kramer 法および Dunnett 法を用い，2 群間の比較には student's t 検定を用いた。

3. 結果および考察

初めに，ビートファイバー（SBF）の添加量を対照の 0％から 0.2％，2.0％，5.0％および 10.0％まで変えたフランクフルトソーセージの水分量，加圧ドリップロスおよび保水性に対する影響を Table 1 に示した。対照区と 0.2％ SBF 添加区の水分量に差はなく，0.2％ SBF 添加区の水分量 74.0％から添加濃度に依存して 10.0％ SBF 添加区水分量は 68.8％まで有意に低下した。加圧ドリップロスは対照区の 0％～ SBF2.0％まで変化は見られず，SBF5.0％から急激に低下した。水分量と加圧ドリップロスから算出した保水性は SBF2.0 まで横ばいに推移したが，SBF5.0％から添加量の増加に伴い保水性が増加し，SBF10％では他の添加濃度に比べて有意に高い値を示した。0.2％の SBF 添加を基準として 2％～10％ SBF 添加を Dunnett 法による多重比較を行うと，SBF5.0％ (p=0.289) と SBF10％（$p < 0.001$）にも有意差が確認された。SBF10％添加区は他の添加区と比べて，水分量および加圧ドリップロスはいずれも少ない数値を示し，逆に保水性は高い数値を示した。すり身では 2％ SBF の添加で油の揚げ回数が増えても水分量が高いことから保水能が向上したと報告しているが [9]，今回のフランクフルトソーセージでは 2％の SBF 添加で水分量および保水性は増加せず，加圧ドリップロスも減少しなかった。一方，フランクフルトソーセージで 1％ SBF 添加により保水性が有意に増加したと報告されているが [5,6]，本研究で 2％の SBF 添加では有意な保水性の増加はみられなかった。本研究との違いとして，いずれも脂肪を追加している点にあるのかもしれない。本研究と同様に脂肪を添加しない報告では 1％～ 3％の SBF でも保水性に影響がなかった [9]。ソーセージの物性はミオシンの加熱ゲル特性が大きく影響するが [10]，今回用いた SBF は食物繊維の中でも保水力が 26.5 ～ 35.4 g water/g と強いことが報告されている [4]。今回，挽肉に直接食物繊維を添加して混合したソーセージ生地を加熱したため，本来，混合 / 加熱工程で形成されるミオシンの加熱ゲル中に蓄えられる筈の脂肪や水が，混合時に SBF が水を結合してしまい，脂肪を添加しなかったことも影響し，保水性への影響が異なったのではないかと推察される。もう一つの可能性として SBF の添加量が増加し，豚肉の相対量が減れば水分量が減り，ドリップロスが減ることで保水性が見かけの上で改善されたと考えることもできるかもしれない。

次に，色調に対する SBF の添加量の影響を Table 2 に示した。明度（L*）および黄色度（b*）は添加の有無に関係なく 63.8 ～ 64.9 および 5.3 ～ 8.0 となり，有意差はなかった。一方，赤色度（a*）は添加なしから SBF2.0％まで 7.3 ～ 6.9 となり有意差はなかったが，SBF5.0％から数値が低くなり，SBF10％は 5.6 となり，他に比べて有意に低くなった（$p < 0.05$）。SBF の添加によりフランクフルトソーセージの色調のうち明度や黄色度には影響を与えなかったが，赤色度が低下していた。

次に，物性とくに製品の硬さに対する SBF の添加量の影響を Figure 1 に示した。対照区，0.2％ SBF，2.0％ SBF，5.0％ SBF および 10.0％ SBF はそれぞれ 192.3 ± 5.8，216.3 ± 15.6，168.5 ± 6.3，177.2 ± 12.1 および 143.6 ± 14.1 g/cm^2 となり，10％ SBF は他に比べて有意に柔らかくなった（$p < 0.05$）。Dunnett 法により SBF 添加群のなかで，0.2％を対照区として多重比較すると，2％ SBF（p=0.0020），5％

Table 1 Effect of Sugar Beet Fiber Addition to Frankfurter Sausage on Water Content, Expressible Water content and Water-Holding Capacity.

	Amount of sugar beets fiber (SBF) added				
	Control	0.2%	2.0%	5.0%	10.0%
Water content （%）	73.7±0.3^{ab}	74.0±0.1^{a}	72.5±0.3^{b}	70.8±1.1^{c}	68.8±0.4^{d}
Expressible water content （%）	43.8±1.2^{a}	45.2±41.2^{a}	44.1±0.6^{a}	40.4±1.9^{b}	36.7±0.8^{c}
Water holding capacity （%）	39.4±1.8^{b}	39.0±1.6^{b}	41.0±2.0^{b}	42.9±2.0^{ab}	46.7±1.1^{a}

Values are expressed as mean ± standard deviation.
Different alphabets shows significant differences at p<0.05

Table 2 Effect of Sugar Beet Fiber Addition to Frankfurter Sausage on Color Values.

	Amount of SBF added				
	Control	0.2%	2.0%	5.0%	10.0%
L*	63.8±1.5^{a}	64.8±1.2^{a}	62.9±0.9^{a}	64.9±2.5^{a}	63.8±1.6^{a}
a*	7.3±0.5^{a}	7.0±0.6^{a}	6.9±0.2^{a}	6.2±0.5^{ab}	5.6±0.4^{b}
b*	5.9±0.3^{a}	5.3±0.7^{a}	7.1±0.3^{a}	7.1±1.6^{a}	8.0±1.3^{a}

Values are expressed as mean ± standard deviation.
Different alphabets show significant differences at $p<0.05$.

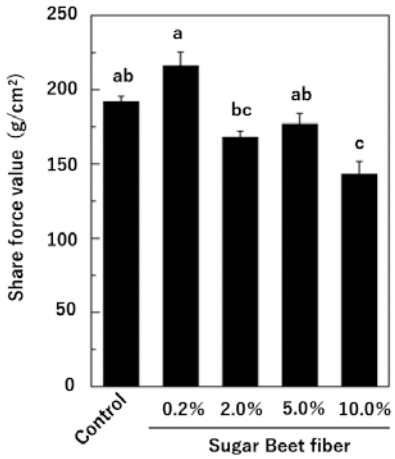

Fig. 1 Effect of Sugar Beet Fiber Addition to Frankfurter Sausage on SFV.

Values are expressed as mean ± standard deviation.

Different alphabets show significant differences at $p<0.05$

SBF（p=0.0064），10％ SBF（p ＜ 0.001）のいずれも有意に柔らかくなった。つまり SBF 添加に伴い，柔らかくなったと推察された。しかし，SBF を添加した先行研究では反対に硬くなったと報告がある[9]。原因の詳細は不明だが，今回の切断応力試験のグラフの波形がかなり SBF 添加により変化し，もろさに該当するように見受けられる。

続いて嗜好性に対する影響を確認するために，これまでの結果では 10％ SBF が望ましいのだが，先行研究で SBF が 1 ～ 2％添加で効果が報告されていたことを踏まえて，対照区と 2％ SBF 添加区の 2 種類のフランクフルトソーセージの食味検査を実施した（Figure 2）。50 名のパネリストに 2 種類を食べ比べた結果を Figure 2 に示した。パネリスト数が 50 名であることから，両側検定の 5％有意水準では 33 以上で有意となる。今回はどの項目もコントロールが有意となり，SBF の利用には改善が必要であると考えられた。

これまでは SBF しか用いていなかったので，同じ不溶性食物繊維である食品に用いられているセルロースファイバー（CF）を以前の研究を参考に，2％の添加量で SBF と保水性に関する項目で比較した結果を Table3 に示した。水分量および加圧ドリップロスには両者に有意差はみられなかった。一方，保水性では有意差はなかったが，CF の保水性は SBF よりも高い傾向を示した（p=0.07）。これはやはり同質の食物繊維源を添加することで保水性が改善される可能性が示せた。

これまでの結果をまとめると，SBF の添加は 1 ～ 2％の添加で保水性に関してプラスの効果が出ると考えていたが，明確な効果を得るにはもう少し多くの添加量を必要とすることが考えられた。また，官能検査でも添加量の増加だけでは好ましい影響は得にくいと考えられるので，単一の利用よりは他の食物繊維源との組合せ効果なども今後検討の必要があると考えられた。

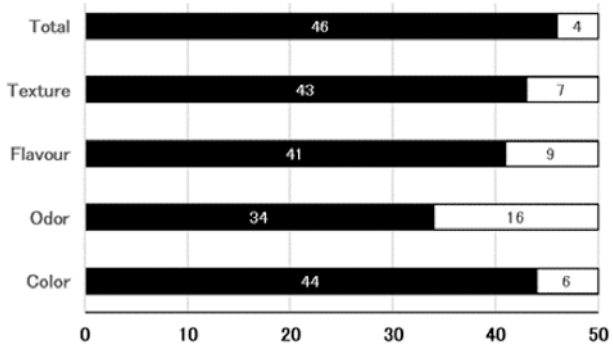

Fig. 2 Sensory Test Between Control and Addition to 2% SBF in Frankfurter Sausage.

There are 50 panelists.

Data labels indicate the number of sausages selected from the two types.

Table 3 Effects of Different Dietary Fiber Additions to Frankfurter Sausage on Water Content, Expressible Water Content and Water-Holding Capacity

	SBF-2	CF-2	P value
Water content （%）	72.5±0.3	71.1±1.7	0.22
Expressible water content （%）	44.1±0.6	40.7±3.9	0.22
Water holding capacity （%）	41.0±2.0	42.8±5.3	0.07

Values are expressed as mean ± standard deviation.
Values are significantly different at $p<0.05$.

4. 謝　辞

本研究で用いたビートファイバーは日本甜菜製糖（株）（東京）総合研究所のご厚意で提供していただき，感謝いたします。

5. 利益相反自己申告

申告すべきものなし

6. 参考文献

1） 菊地裕人. てん菜の有効利用－日本甜菜製糖（株）の取組－，2008 年．https://sugar.alic.go.jp/japan/example_01/example0803a.htm

2） Fukushima, M., Nakano, M., Mori, Y., Ohashi, T., Fujiwara, Y. and Sonoyama, K., *J Nutr*., **130**, 2151-2156 (2000).
3） Nakamura, Y., Kanazawa, M., Liyanage, R., Ijima, S., Han, K.-H., Shimada, K., Sekikawa, M., Yamaguchi, A., Hashimoto, N., Ohba, K. and Fukushima, M., *Biosci. Biotechnol. Biochem*., **73**, 1280-1285 (2009).
4） Mehta, N., Ahlawat, S.S., Sharma, D.P. and Dabur, R.S., *J. Food Sci.Technol.*, **52**, 633–647 (2015).
5） Vural, H., Javidipour, I. and Ozbas, O.O., *Meat Sci*., **67**, 65-72 (2004).
6） Javidipour, I., Vural, H., Ozbas, O.O. and Tekin, A., *Int. J Food Sci. Tech.*, **40**, 177-185 (2005).
7） 林千津子，知地英征. *藤女子大学紀要* **38**,II，73-75 (2000).
8） 四宮紀之，今井奈津夫. ビートファイバーの用途拡大に向けて，2013 年．https://www.alic.go.jp/joho-s/joho07_000805.html
9） Cava, R., Ladero, L., Cantero, V. and Ramirez, M. R., *J Food Sci*., **77**(4), C346-C352 (2012).
10）鮫島邦彦．*日本バイオレオロジー学会誌* **9**(3), 123-136 (1995).

Effect of Sugar Beet Fiber Addition on Physicochemical Properties of Frankfurter Sausage

Kenichiro SHIMADA, Aya SHIMOKOSHI, Kyu-Ho HAN, Ryuji NAGATA, Michihiro FUKUSHIMA

Department of Life and Animal Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

Abstract

Sugar beet fiber (SBF), which is a byproduct of sugar production from sugar beets, contains insoluble dietary fiber and has been reported to have various health functions. Since there are few reports on its use in meat products, we produced frankfurter sausages with 0.2%, 2.0%, 5.0%, and 10.0% SBF added to the raw meat during the production of frankfurter sausages and with 0.0% SBF as a control, as well as the water content, expressible water content, water-holding capacity, color value, shear force value, and sensory paired test results. The water content and expressible water content did not change significantly up to a 2.0% SBF concentration, and decreased above 5.0%, whereas water retention increased above 5.0%. The lightness (L* value) and yellowness (b* value) were not affected by the addition of SBF, whereas the redness (a* value) did not change with the addition of 2% SBF but tended to decrease above 5.0%. The shear force values showed a decreasing in dependence of SBF added. Sensory examination of the control and 2.0% SBF groups showed that frankfurters, including SBF, was inferior in all categories. A comparison of cellulose fiber with other insoluble fiber and SBF added 2% in terms of water content, expressible water content, water-holding capacity showed no difference between cellulose fiber and SBF in any of these parameters. Based on these results, it was concluded that the addition of more SBF to frankfurters could be expected to improve the water-holding capacity; however, since it was less palatable, there was a need to improve the method of use.

Japanese Journal of Meat Science and Technology **66** (1), 45-50, 2025

Key words:sugar beet fiber, dietary fiber, frankfurter sausage, water holding capacity

Corresponding:Kenichiro SHIMADA (fax: +81(0)155-49-5577, email: kshimada@obihiro.ac.jp)