

食品廃棄物で産業振興

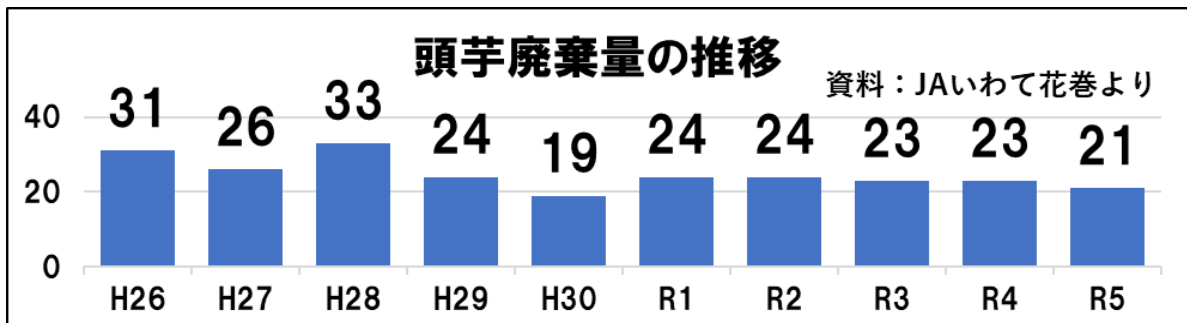
～農業資源を活用した新たなビジネスと食品ロス削減を目指して～

岩手県立花巻農業高等学校 食農科学科 菊池 柚南

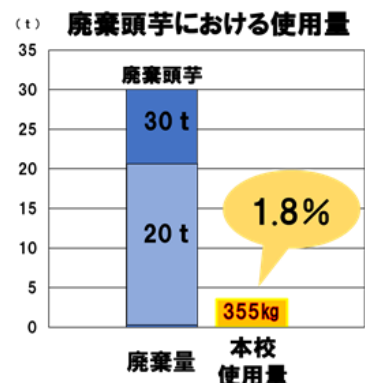
I はじめに

私たちが住む、岩手県は東北北部に位置し広大な面積や豊かな自然、寒暖差のある気候を活かした多彩な農業が展開され特産品も多く存在します。特に、北上市の伝統野菜「二子芋：ふたごさいも」は北上川流域の二子地区で300年以上にわたり栽培されており、茎の色が赤い「赤茎」が特徴の在来種です。

そんな二子芋には「頭芋：かしらいも」と呼ばれ毎年20～30 t 程廃棄される部分が存在します。その部位は、茎の部分に近く硬いため加工しにくいことや子芋が500円～600円/kgなのに対し頭芋は100円/kgと単価が安い事が廃棄の原因です。



それを「ただの廃棄物として捨てるのではなく有効活用したい!」と思い、令和2年度に北上市二子町出身の先輩がソーセージに添加し始めたのが二子芋ソーセージの始まりです。そこからレシピを確立させ、継続して研究を進めて私の代で5年目になります。しかし、この令和2年～5年の4年間で頭芋の有効利用につなげることができたのは355kg程で割合で見るとわずか1.8%程と廃棄物の消費に限界を感じ、頭芋の消費拡大と廃棄物として捨てられる量を抑えることが課題だと考えました。そこで、頭芋の他に地域に埋もれている利用価値のある素材を発掘し、ソーセージの種類を増やし



て開発、企業で商品化し大量生産できれば、廃棄物の消費量を伸ばすだけでなく、「地域資源を循環させられるビジネスチャンスが来る！」そして、それが農家の売上げになり「新たな産業振興の第一歩になる！」という仮説を立て、それを実証するため研究を始めることにしました。

さらに、先輩方は、遠野市で日本一の栽培面積を誇るホップを活用した長期保存可能なソーセージの開発で期限切れによる食品ロスの削減にも取り組んでいました。ホップとはビールの主原料の1つであり、ビールの保存性を高める働きやほんのり苦いフルーティーさがあります。それをもとに研究を進め、ホップ（毬花）の樹脂成分ルプリンに抗菌力が存在しているというところまで突きとめることができました。しかし、ソーセージに添加した際のはっきりとした有意性は認められていないためソーセージに有効なルプリン溶液の抽出方法を確立させることを課題としています。それらを踏まえ、私はソーセージ研究班の班長として、商品化と抽出方法を確立させる研究を班員と共同で取り組むことにしました。

II 研究目標

1. 地域に埋もれている利用価値のある素材を使ったソーセージの開発を行う。
2. 商品化を実現し、廃棄されている資源の消費サイクルを構築する。
3. 農家や企業のビジネスとして、売上げに貢献できる循環システムを成立させる。
4. ソーセージに有効なルプリン溶液の抽出方法を確立させる。

以上4つの目標を掲げ研究に取り組みました。

III 研究計画

研究1年目は、地域資源の有効利用を目指し、その製造技術を企業へ譲渡し量産化に向けた商品化に重点を置きました。

研究2年目は、食品ロス削減のため、先輩の代から継続してきたルプリンの抗菌力を活かした賞味期限を延ばす商品開発を行いました。

1年目（R5年度）			2年目（R6年度）		
4	先輩方からの技術指導		4	開発⑩	連携企業で商品化 共同製造②
5	地域資源の発掘調査		5	微生物検査（賞味期限の分析）ルプリン抽出実験	
6	微生物検査・阻止円実験		6	連携企業への実験公開	
7			7	連携企業へのルプリン抽出液の方法を譲渡	
8			8		
9	開発①	商品開発開始第1弾	9	連携企業とホップ農家の連携開始	
10	開発②	企業・農家訪問	10	賞味期限のクロスチェック	商品開発開始第2弾
11	開発③		11	花農祭販売	
12	開発④・⑤	試験販売	12	卒業論文・研究発表	
1		ルプリン抽出実験	1		
2	開発⑥・⑦	企業へ技術の譲渡	2		
3	開発⑧・⑨	連携企業で商品化 共同製造①	3	卒業	

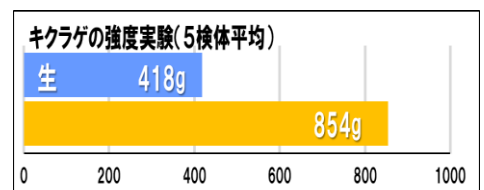
IV 研究内容

1. 企業との連携と商品化まで

私は、これまで開発してきた二子芋ソーセージを広めるため、企業に製造技術を譲渡し販売できる場所を探していました。しかし、多くの企業に「ソーセージは製造していないのだから」と断られ続けましたが、最後に花巻市内にある食肉卸売業（株）きむらさんに交渉。即「協力します！」と快諾していただき遂に企業との連携がスタートしました。

はじめにソーセージの種類を増やすため、地域資源の発掘を行いました。昨年10月、(株)花巻バイオマスエナジーの高橋明朗社長より「発電の際に余った熱で製造しているキクラゲを利用できないか？」と相談を受けました。漬物や小・中学校の給食には利用されるが利用用途が少ないとのことでした。早速、キクラゲを使いソーセージを製造しました。1回目の製造は乾燥キクラゲと生キクラゲを6%添加しましたが細くなりすぎて失敗。2回目は添加量を1%増やしたものの(株)きむらの木村宏征社長より「キクラゲの存在感が感じられない」とのことでした。そこで、キクラゲの強度が食感に影響すると考えキクラゲの強度実験を行いました。水戻した乾燥キクラゲと生のキクラゲをそれぞれ5検体ずつ用意しフォースゲージで引っ張り強度を確認しました。結果、生キクラゲより乾燥キクラゲが2倍以上の強度があることを判明しました。

それを肉に対して10%添加した3回目の製造では、歯ごたえと存在感を引き出すことに成功し(株)花巻バイオマスエナジーの皆さんや(株)木村の皆さんに試食調査した際、高い評価を頂くことができ納得の出来でした。さらに私は、キクラゲといえば豚骨ラーメンというイメージから豚骨ラーメン風味のソーセージを製造することに決定。地元ラーメン店の協力により豚骨スー



プを頂戴しソーセージの出汁氷として使用。紅しょうがを入れたことで彩りと食感にアクセントを持たせ繰り返し開発してきました。

既存の二子里芋ソーセージをベースにキクラゲを使った 2 商品と頭芋と規格外のアスパラガスを追加した 1 商品の計 3 商品を約半年かけ開発。令和 6 年 3 月 23 日に商品化が実現。キオクシア岩手での試験販売も行い「また来てください」などの声をいただきました。

さらに、事前告知としてマスコミに生放送などで取り上げていただいたことで学校に問い合わせの電話が殺到し発売前にも関わらず地域の皆さんにソーセージを知っていただくことができました。

販売会前日、企業で製造した 1,800 本のソーセージの試食検査を行いました。脂肪分離しボソボソとした食感で旨味が全くないソーセージでした。「これでは販売できない」と絶望と焦りを感じましたが、「楽しみに待っている地域の人を裏切りたくない」という一心で、企業と総出で作り直し、販売日に間に合わせることができました。

販売当日、販売時間前に列ができ想像をはるかに越えて 2 時間の販売は大盛況に終わりました。現地に足を運んで頂いた里芋農家さんから「おうちの芋を使ってくれてありがとう」、連携企業から「商品化おめでとう。一緒に関わった時間はとても貴重でいい経験ができました」という声を頂き「これからも地域の活性化に貢献していこう」と誓いました。

販売会が終わった後も注文が殺到し、口頭だけでの技術伝授だった前回の失敗を見直して、私たちが製造方法を直接企業に訪問しアドバイスしながら製造を行いました。特に、脂肪分離が起らないよう、肉と脂肪を乳化するまで混ぜ合わせるカッティングに指導の重点を置き、練り上げ中の肉の温度管理を徹底したことで現在は安定した商品に成長しています。地元有名店をはじめ、他 4 店舗でも販売し、温泉施設のバイキングなどに普及拡大を計画しています。



現在の3商品の売上げは、50万円を超え、延べ3,600本の普及になっています。この結果、廃棄物や地域資源の消費が進み、年間で1.2tの消費を見込んでいます。木村宏征社長からは「製造が追いつかない状態が続いています」という声をいただき、地域に求められる商品を育成することができました。

製造回数	博多	マルカン	北上	袋数	資源 (kg)	実績値	見込値	計
1	150	150	150	450	頭芋	130	1,000	1,130
2	75	75	75	225	アスパラ	10	50	60
3	-	-	225	225	キクラゲ	1	10	11
計	225	225	450	900	計	141	1,060	1,201
単価(円)	648	615	486	-				
売上げ	145,800	138,375	218,700	502,875				

【地域資源の消費実績値】

【2ヶ月間における3商品の売上げ】

2. 賞味期限を検査する微生物検査

上記の3種類のソーセージの安全性を担保するため、食品微生物の授業で学んだ微生物検査を行いました。

手順は次の通りです。(すべてクリーンベンチ内で行う)

(1) アルコールランプでハサミを炙って加熱殺菌する。そのハサミで袋を開ける。

(2) 表面細菌の検査

ソーセージに絶対触れず半分取り出し、ふきふきチェックⅡの先端にある脱脂綿でソーセイ衣の表面を満遍なくこすりふきふきチェックⅡの試験液に脱脂綿を戻す。

(3) 中心細菌の検査

ソーセージを袋からすべて取り出し半分に折る。断面に触れないよう注意する。ふきふきチェックⅡの先端を断面に刺し2回転ほどソーセージの中心部を回す。ふきふきチェックⅡを抜き、肉片をできるだけ落とした後、ふきふきチェックⅡの容器に戻す。

(4) 上記(2)と(3)のそれぞれのふきふきチェックⅡをしっかりと振り1ml滅菌シャーレに滴下する。

(5) その上から一般生菌用の標準培地と乳酸菌用の培地に分け、それぞれの培地に溶液を15ml注ぐ。

(6) シャーレの培地が固まったら再び、培養されたコロニーが流れるのを防ぐため5ml

を注ぐ。この工程を重層という。

(7) 乾熱滅菌器で 35°C/48h 培養する。



しかし、商品化前に試験的に製造した連携企業のソーセージを 17 日間保存すると一般生菌と乳酸菌から、食品衛生検査指針の 300 個未満をはるかに超える、1 万個以上を超える菌が見られ、衛生管理の大切さを改めて感じました。

さらに私は、製造工程中の衛生管理や微生物検査までの衛生面の役割を担っている

ため、この結果を見過ごすわけにはいきませんでした。そこで企業に花農版ハサップの衛生管理を提案し、製造工程中の衛生管理を見直していただきました。具体的には、手指消毒や使用器具の消毒はもちろんのこと、パック詰めの際のアルコール除菌などがあります。しかし、1 番の特徴は、徹底した温度管理です。

- ・冷凍庫 -18°C ・冷蔵庫 5°C ・練り上げた肉温 最高 10°C
- ・冷却したソーセージの中心温 10°C 以下 ・二次殺菌（ボイル） 90°C/3 分
- ・ボイル後の冷却温度は 2°C/15 分

保存期間	種類	一般生菌		乳酸菌		賞味期限
		表面	中心	表面	中心	
17 日間	博多	350×10	76×10	192×10	560×10	×
		420×10	560×10	<10	4×10	
		724×10	64×10	1×10	6×10	
	マルカン	116×10	320×10	284×10	432×10	×
		196×10	70×10	576×10	1120×10	
		150×10	600×10	<10	128×10	
	北上	356×10	3×10	472×10	1172×10	×
		640×10	1000×10	3×10	852×10	
		144×10	13×10	372×10	248×10	



このように 1 つ 1 つの工程に温度が決められています。

現在は、連携企業にも花農版ハサップを実践して頂き、1 袋に包装している微生物の発生は、食品衛生検査指針の 300 個未満を維持していただいています。

3. ルプリンの抗菌力

私は、企業で製造したソーセージの発生菌数を見て、令和3年度の先輩から継続しているホップの樹脂成分「ルプリン」が持つ抗菌物質の必要性を再認識しました。そのためには、純度の高い抗菌力のあるルプリン溶液の抽出方法を確立し、ソーセージに添加することで微生物を抑制できるのではないかと仮説を立てました。

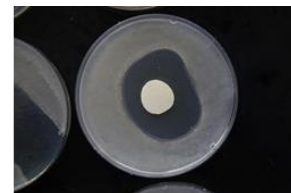
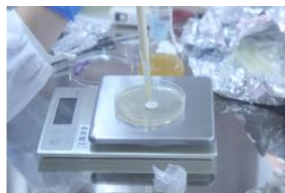
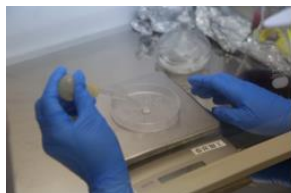
はじめに、今まで行っていた抽出方法の振り返りをしました。そこで、抽出する溶媒にも差があるのではないかと岩手県生物工学研究センターに訪問し小原部長さんから、溶媒を熱水から有機溶媒に変えると効率のよいルプリンを抽出できるとアドバイスを受けました。

有機溶媒に使ったのは、20%、50%、70%のそれぞれのエタノールです。それらの溶媒を使って2%ルプリン濃度の溶液を抽出し阻止円実験を行いました。

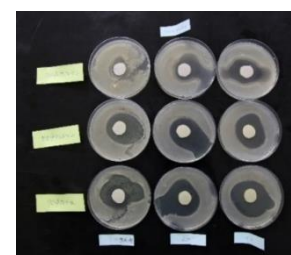
阻止円とは、シャーレ内に有害菌を混ぜた一般生菌と乳酸菌のそれぞれの培地の中心部にろ紙を置き、それぞれ濃度を変えた有機溶媒で抽出したルプリン溶液を0.1ml滴下、そのろ紙の周りに透明な円を形成し雑菌の侵入を阻止できれば、抗菌力の有意性を判断できる実験をいいます。

実験手順は次の通りです。

- (1) 菌の採取：5%納豆溶液を使用→純粋95mlに納豆5gを混合して作る。
- (2) 5%納豆溶液をシャーレに1ml滴下
- (3) 同じシャーレに一般生菌 or 乳酸菌の培地を入れ混合する。
- (4) 培地が固まったら直径2cm程度の円形のろ紙をのせ、そのろ紙にマイクロピペットでルプリン溶液を0.1ml (100 μ l) 滴下する。
- (5) 乾熱滅菌器で35°C/48h培養する。



結果は右図の通り、溶媒の濃度が上がるにつれ阻止円が巨大になり、抗菌力が強いことが分かりました。しかし、50%アルコール濃度からはっきりと阻止円が形成されていることから、50%濃度が抗菌力の境界線になると考察しました。



それを実証するためその後も、身近にある様々なアルコール溶媒で抽出したルプリン溶液の阻止円実験を続けたところ、もっとも阻止円の形成が顕著だったのが47%以上のアルコール濃度で抽出した溶液でした。阻止円の透明度も高く、強い抗菌力を持っていると考えます。



それを肉に対して、10%添加し製造したところ、同じ日に製造した保存期間82日のルプリン無添加のコントロール区（対照区）のソーセージと比較しても発生した菌数が規定以下で、安全係数0.8をかけると市販の賞味期限が25日なのに対してそれを大きく上回る65日の賞味期限をつけることができました。

保存期間82日の微生物検査の結果

保存期間	賞味期限	試験	ソーセージの表面				ソーセージの中心			
			一般細菌		乳酸菌		一般細菌		乳酸菌	
			本校	企業	本校	企業	本校	企業	本校	企業
82日	65日間	CT	<10	3.5×10^7	<10	2.8×10^7	7.0×10	1.0×10^6	<10	6.0×10^5
			<10	4.9×10^7	<10	4.3×10^7	3.0×10	6.7×10^6	<10	7.2×10^5
			2.0×10	9.5×10^6	3.0×10	8.8×10^6	5.5×10^7	1.7×10^7	<10	1.5×10^5
			1.1×10^3	—	1.08×10^3	—	7.0×10	—	1.0×10	—
			—	—	—	—	1.0×10^7	—	1.0×10^7	—
			<10	<10	<10	4.0×10	<10	<10	<10	2.0×10
			<10	2.0×10^6	<10	1.6×10^6	<10	2.6×10^6	<10	2.8×10^6
			<10	3.6×10^7	<10	3.2×10^7	1.0×10	3.0×10^5	<10	1.0×10^5
			<10	—	<10	—	2.0×10	—	<10	—
			1.0×10	—	1.0×10	—	5.0×10	—	2.0×10	—
			<10	<10	<10	1.0×10	6.0×10	2.0×10	<10	<10
			1.0×10	<10	<10	5.0×10	6.0×10	1.0×10	1.0×10	1.0×10
	1.0×10	2.0×10	<10	3.0×10	1.3×10^2	<10	1.0×10	<10		
	1.0×10	—	<10	—	3.0×10	—	1.0×10	—		
	1.0×10	—	<10	—	7.0×10	—	3.0×10	—		
	<10	5.0×10	<10	1.0×10	<10	3.0×10	<10	2.0×10		
	<10	1.0×10	<10	2.0×10	1.0×10	1.0×10	<10	5.0×10		
	<10	<10	<10	1.0×10	1.0×10	4.0×10	1.0×10	3.0×10		
	<10	—	<10	—	2.0×10	—	1.0×10	—		
	<10	—	<10	—	4.0×10	—	2.0×10	—		

これによってルプリンの高い抗菌力を証明し銀河フーズ（株）のクロスチェックでも認められ、品質管理リーダーの平澤さんより「これは特許に値する素晴らしい成果です」と評価をいただきました。仮説の通りソーセージに有効であることを立証し、ギフトに対応できる40日以上賞味期限をつけたことで、連携企業の主力商品への使用が決定しました。



このことから、ホップ農家と銀河フーズ（株）の連携もスタートしビール以外のホップの利用用途拡大と期限切れによる食品ロス削減できる見通しが立ち、農家と企業の橋渡しをすることができました。

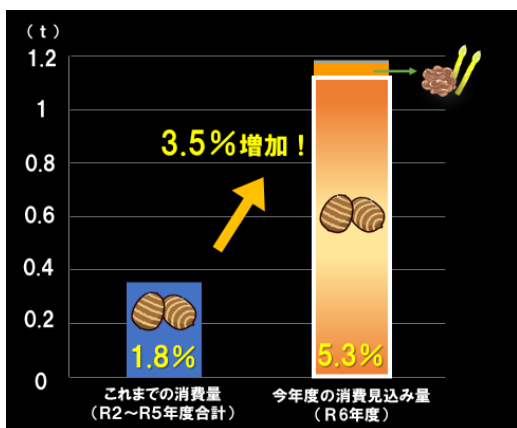


V 研究の成果

- 1 開発した製品を企業で商品化したことで、廃棄物や規格外の地域資源を年間1.2t消費し頭芋だけでも5.3%分の有効利用を見込むことができた。
- 2 捨てられているものなどからビジネスの循環システムを成立させ、販路を開拓した

ことで農家や企業の年間売上げに貢献できる見通しが立った。

- 3 廃棄物や規格外などの地域資源に利用価値をつけることができ、消費サイクルの構築につなげることができた。
- 4 ルプリンの抗菌物質は、ソーセージに添加することで微生物を抑制する効果を立証し賞味期限を市販品と比べ65日に延ばすことに成功。さらに、ホップを使った新たなビジネスとして地域を活性化させることができた。
- 5 これらの活動が、令和5年12月開催のイオンエコワングランプリで環境大臣賞を受賞した他、環境甲子園でも特別奨励賞など、外部でも高く評価していただきました。



成果 1

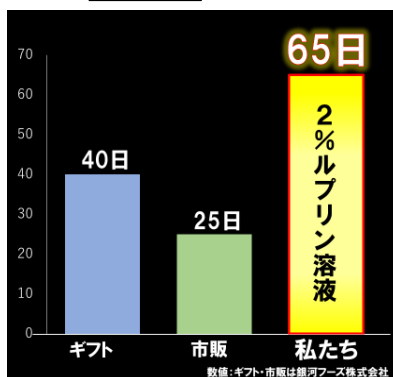
	北上市の農家	花巻市の農家	バイオマ スエナ ジー	きむら
品目	頭芋	アスパラ	キクラゲ	3種類 ソーセージ
実績	6,500	1,000	2,000	502,875
見込み	100,000	5,000	22,000	1,508,625
計	106,500	6,000	24,000	2,011,500

単価：円

成果 2



成果 3



成果 4



成果 5

VI 今後の課題

1. 新たに見つけた廃棄されている酒粕で旨味を引き出すソーセージを開発し（株）きむらに提案する。
2. 銀河フーズ（株）と連携してルプリン溶液の抽出方法と製造方法の特許を取得する。

Ⅶ 自己評価

私は、ソーセージ研究班の班長として責任を持ち、多くの活動に参加してきました。また、バレーボール部の部活動でもキャプテンを務めながら練習後に研究活動へ合流し研究班の模範となれるよう努力してきました。さらに、開発から商品化に至るまで農家さんや連携企業、地域の方々、先生方などたくさんの皆さんに支えていただき、普通ではできない体験をすることができたと思います。

振り返ってみるとこの研究は、試行錯誤の繰り返しでした。メンバーみんなで新しいソーセージを1から開発し、香辛料の配合量や原材料の具の大きさまで細かく考え納得がいく形を探しました。さらに、抗菌力の高いルプリン溶液を抽出するため有機溶媒に換えたときのルプリン濃度は何%が妥当か、溶媒のアルコール濃度は何%がいいか、知恵を出し合い実験を繰り返しました。このことから、諦めずに考え続ける大切さと挑戦する気持ちを学ぶことができました。さらに、ここまで成果を出せたのは一緒に頑張った仲間と親身になって教えてくださる先生がいたからです。

しかし、ソーセージに配合する適当なルプリン溶液の割合やその溶液の濃度を抑えるなどの課題があるため、これからも仲間たちと一緒に私たちが目指す、抗菌力が高いルプリン溶液を使って賞味期限を延長できる企業の主力商品への使用を目指し地域活性化や地域振興に貢献することを約束します。また、お世話になった地域産業の皆様には、研究班の成長もさることながら私自身、1つのことを果敢に追い求める今まで持ったことがない気持ちにさせられ、大きな心の成長につながられたことへの感謝を伝え、今後も学びを深めていきたいです。

Ⅷ 終わりに

私は、廃棄される地域資源を廃棄されたままにするのではなく価値をつけることで地域活性化や地域振興につながり、持続可能な開発を継続することで、農家、食産業、関わっていただいた多くの皆さんに笑顔を提供できると信じています。これからも地域を笑顔にするために私たちは、ソーセージを通して地域貢献することを宣言します。

