

特産農水産物の乾燥・粉末化技術

食品加工室：山城利枝子・池宮 勇・田村 博三
豊川 哲也・照屋比呂子

1. 緒 言

本県では、パパイヤ・ニガウリなどの香味や含有成分に特徴のある農産物や、モズクやヒトエグサなど沖縄特有の水産物が生産されているが、これら特産農水産物の大部分は生食用として消費されており、一部分が乾燥製品として製造されているにすぎない。

また、乾燥製品には、戻りの悪い物や、色調や香りの点で品質が低下した製品が散見され、素材や目的に合った乾燥方法の検討も必要とされている。農水産物の粉末化製品は、主に食品加工素材として利用されるが、県内では紅イモ、ウコンなどで製品化されているにすぎず、特産農水産物の乾燥・粉末化による食品加工素材としての活用が望まれている。

以上のような背景のもとに本研究では、オキナワモズク、ヤマイモ、薬草について、特産農水産物に適した乾燥条件を検討するとともに、未利用資源の乾燥粉末化による加工素材化についても検討を行った。

2. 実験方法

2-1. 試料および試料の前処理

①オキナワモズク

生オキナワモズク そのまま用いた。

塩蔵オキナワモズク 塩蔵もずく1kgをイオン交換水5Lで2回洗い、5Lのイオン交換水に20分浸漬後、ザルで水切りを30分洗いモズクとした。

②ヤマイモ

ヤマイモはそれぞれ皮をむき、卓上型万能ミキサー(A-907D型(株)愛工舎製作所)で連続ジュースセパレーターを用いてすり下ろした。

表1 ヤマイモ試料の性状

試 料	形状	色	水分(%)
園芸支場試験品種A	長い	白	61.7
園芸支場試験品種B	丸い	紫	73.1

*水分はすり下ろして測定した

③薬草

クミスクチン、コヘンルーダー、リュウキュウヨモギは、それぞれ不純物を取り除き、葉と茎がついたまま用いた。

2-2. 乾燥および粉碎方法

2-2-1. 使用機器

真空凍結乾燥機	TF10-50ATN (株式会社宝製作所製)
真空乾燥機	VOD6-6 (株式会社清水理化学機器製作所製)
送風乾燥機	DK-62 (株式会社ヤマト科学)
微粉粉碎機	MKCA10-20J (増幸産業株式会社製)

2-2-2. 乾燥条件

本研究では、各乾燥方法による乾燥物の水戻り状態に重点を置いたため、乾燥時間及び乾燥後水分の設定は行わずに乾燥をおこなった。

乾燥温度は、オキナワモズクは送風乾燥が24時間で終了する60℃とした。ヤマイモ及び薬草は、乾燥温度が色や香り等の変化に影響があると考えられることから、それぞれの乾燥方法の特徴が現れるように、真空乾燥では低温の30℃、送風乾燥では60℃に設定した。

2-3. 戻し試験および性状測定方法

2-3-1. 戻し試験

①オキナワモズク

乾燥物10gにイオン交換水(水温25℃)600mlを加え、恒温水槽(25℃)で所定時間浸漬後、ザルで5分間水切りをした。

②ヤマイモ

乾燥した試料は、それぞれ乾燥前と水分含量が同じになるように水を加え、万能調理で5分攪拌して戻し測定に共した。また、粘質物の抽出は、水戻した試料にイオン交換水を加え2倍に希釈して万能調理機で5分間攪拌後、遠心分離(5000rpm、30分)により行った¹⁾。

2-3-2. 色差

カラーアナライザー(TC-1800MK2 東京電色株式会社)を用いて測定し、反射光測定は標準白色版を基準値として、透過光測定は蒸留水を基準値として、基準値からの差を色差として表した。

①オキナワモズク

未乾燥及び水戻した試料(生オキナワモズク、戻し時間5分)に水100mlを加え、ジュウサーで3分間粉碎した後に透過光を測定した。

②ヤマイモ

未乾燥ヤマイモ及び水戻したヤマイモの反射光を測定した。

③薬草

乾燥物をコーヒーミルで粉碎して反射光を測定した。

2-3-3. 物性測定

レオメーター(NRM-2010J-CW 不動工業株式会社製)で測定した。

- ①オキナワモズク 水戻ししたオキナワモズク 1本ずつを、プランジャーで押しつぶす力(圧縮荷重)を測定した²⁾。

測定条件 プランジャー：円柱型(直径1cm)
 テーブル移動速度：2cm/min
 最大荷重：1kg

- ②ヤマイモ 未乾燥または水戻しした試料及び粘質抽出物を10mlのビーカーに入れプランジャーを測定試料の表面から1cmの位置まで差し込み、引き上げたときに糸ひきが切れるまでの時間から糸ひきの長さを算出し、その時の仕事量をピーク面積の比で表した¹⁾。

測定条件 プランジャー：円盤型(直径1cm)
 差込長さ：1cm
 テーブル移動速度：2cm/min
 最大荷重：1kg

3. 結果および考察

3-1. オキナワモズク

オキナワモズクを乾燥したときの条件および乾燥物の水分含量を表2に示した。

真空凍結乾燥、真空乾燥、送風乾燥を行った場合の乾燥歩留まりは、生オキナワモズクは7.2~7.4%、洗いオキナワモズクは4.8~5.7%であった。

乾燥物の水分含量は、生オキナワモズクでは真空凍結乾燥と真空乾燥では9%代であったが、送風乾燥では13%と高い値を示した。また、洗いオキナワモズクでは真空凍結乾燥と送風乾燥は13%台であったが、真空乾燥では11%で若干低い値であった。

表2 オキナワモズクの乾燥条件と乾燥物の水分含量

	生 オ キ ナ ワ モ ズ ク			洗 い オ キ ナ ワ モ ズ ク		
	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥
乾燥温度(℃)		60	60		60	60
乾燥時間(h)	15.0	24.0	24.0	15.0	28.0	24.0
乾燥歩留(%)	7.4	7.4	7.2	4.8	5.4	5.7
乾燥物水分(%)	9.7	9.4	13.1	13.4	11.3	13.0

次に乾燥した生オキナワモズク及び洗いオキナワモズクを水戻ししたときの水分含量と押しつぶすときの圧縮荷重の値を図1及び図2に示した。

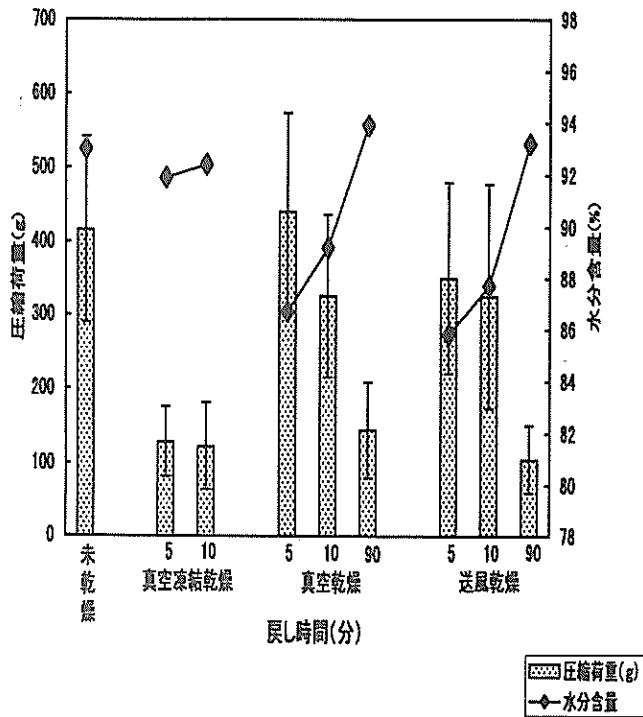


図1 生オキナワモズク水戻し後の水分含量と押しつぶす時の圧縮荷重

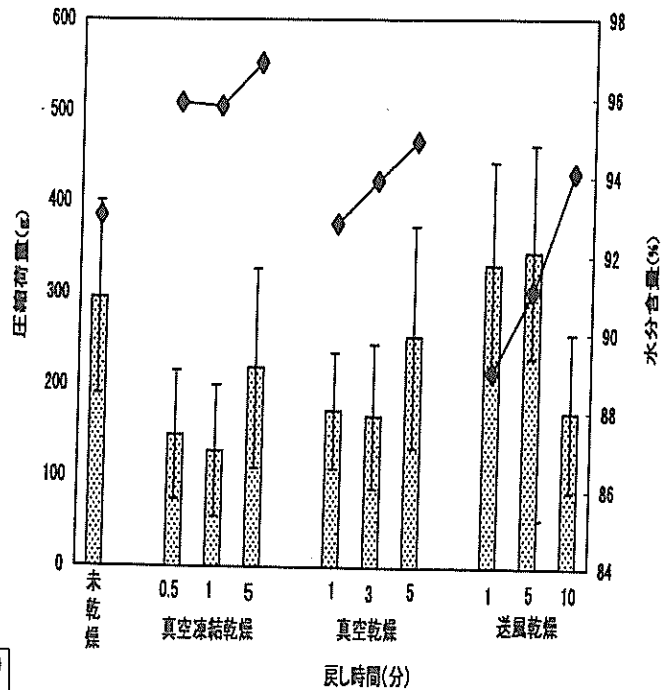


図2 洗いオキナワモズク水戻し後の水分含量と押しつぶす時の圧縮荷重

オキナワモズクの食感は、塩蔵よりも生の方が歯ごたえがあり美味しいとされている。そこで、乾燥物の水戻し試験は、水戻し後の水分含量が、生オキナワモズクの水分含量（約93%）となるように戻し時間の検討を行った。

生オキナワモズク乾燥物の水戻し後の水分含量は、真空凍結乾燥は戻し時間10分で92.4%であったが、真空乾燥及び送風乾燥は戻し時間10分ではそれぞれ89.2%と87.7%であり、戻し時間90分で水分含量が93.9%と93.2%となった。洗いオキナワモズクの水戻し後の水分含量は、真空凍結乾燥は戻し時間30秒で95.9%、真空乾燥は戻し時間1分で92.8%、送風乾燥は戻し時間10分で94.1%であった。

水戻し後の水分含量から、洗いオキナワモズクの方が生オキナワモズクよりも乾燥物の戻りが速いことが分かった。乾燥方法では真空凍結乾燥が戻りが最も速く、次いで真空乾燥、送風乾燥の順であった。また、真空凍結乾燥では戻りは速かったが粘質物の浸出も多く、さらに洗いオキナワモズクの真空凍結乾燥は戻し時間30秒で水分含量が95%を超えており、過剰に水分を吸収する傾向を示した。

真空凍結乾燥した乾燥物が戻りが速いのは、水分が凍結したままの状態除去され水分のあった部分に小さな空洞ができることにより、乾燥物へ水分が浸透しやすくなるためと考えられる。また、洗いオキナワモズクの水戻りが速いのは、前処理での脱塩のための水への浸漬の段階で藻体が膨れていたことから、水分を吸収しすぎて表皮や細胞壁が破壊されたために水分が浸透しやすくなったのではないかと推定される。

水戻したオキナワモズクを押しつぶすときの圧縮荷重を、水分含量が93%付近に復水したときに比較すると各乾燥方法で値に差はみられず、生オキナワモズクは105~150g、洗いオキナワモズクは140~170gであった。また、未乾燥のオキナワモズクの圧縮荷重と比較してみると、水戻したオキナワモズクの圧縮荷重は未乾燥オキナワモズクの1/2~1/3と低く、食感は変化していると考えられる。

乾燥オキナワモズクの水戻し後の圧縮荷重の変化の原因は明らかではないが、乾燥による表皮等の藻体骨格の破壊、水戻し後の水分の保持状態、粘質物等の成分の変化などに起因するのではないかと推測される。

また、水戻したオキナワモズクの色は、真空乾燥及び送風乾燥したものでは乾燥前とあまり変化していなかったが、真空凍結乾燥したものでは色が薄くなっていた。そこで色差を測定したところ、図3に示すように真空乾燥と送風乾燥したものはやや青色が薄くなっているだけであったが、真空凍結乾燥したものは黄色側へ移動し赤色も濃くなっていた。

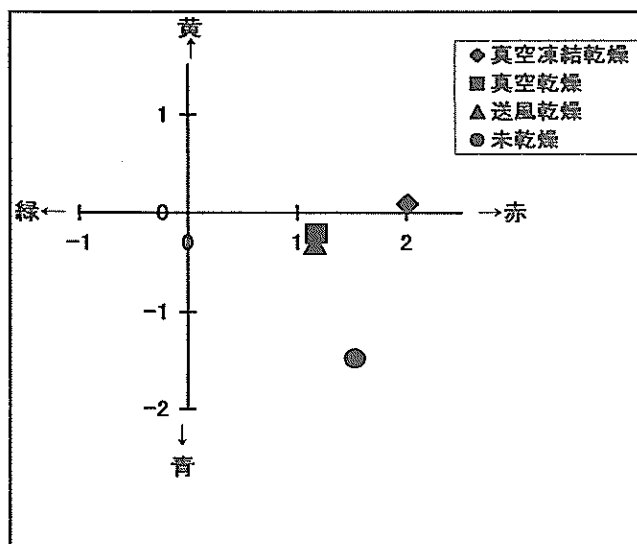


図3 水戻しオキナワモズク色差

3-2. ヤマイモ

ヤマイモを乾燥したときの条件および乾燥物の水分含量を表3に示した。ヤマイモの乾燥歩留まりは、園芸支場試験品種Aでは35~40%、園芸支場試験品種Bでは25~28%であった。乾燥物の水分含量は真空凍結乾燥では2%以下と低く、送風乾燥では6.4%と高かった。また、真空凍結乾燥及び真空乾燥したものは脆く容易に粉末にすることができるが、送風乾燥したものは固く粉末になりにくい。

尚、真空乾燥を行う場合、すり下ろしたヤマイモは粘性が強いため発砲してしまうので、徐々に真空にするなどの注意が必要である。

図3 ヤマイモの乾燥条件と乾燥物の水分含量

	園芸支場試験品種 A			園芸支場試験品種 B		
	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥
乾燥温度(°C)		30	60		30	60
乾燥時間(h)	40	38	24	24	19	19
乾燥歩留(%)	38.0	35.6	39.4	25.6	28.0	25.3
乾燥物水分(%)	1.6	1.1	6.4	2.0	10.7	6.4

次に乾燥したヤマイモを水戻したものと抽出した粘質物の、糸ひきの長さとしひきが切れるまでの仕事量を、図4～図7に示した。

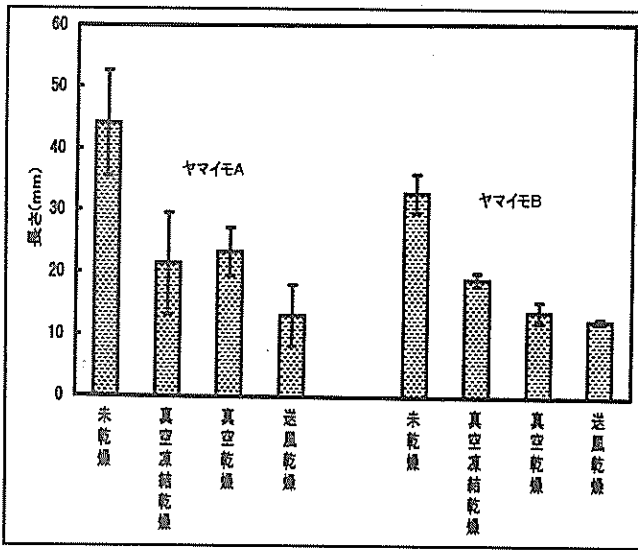


図4 水戻しヤマイモの糸ひきの長さ

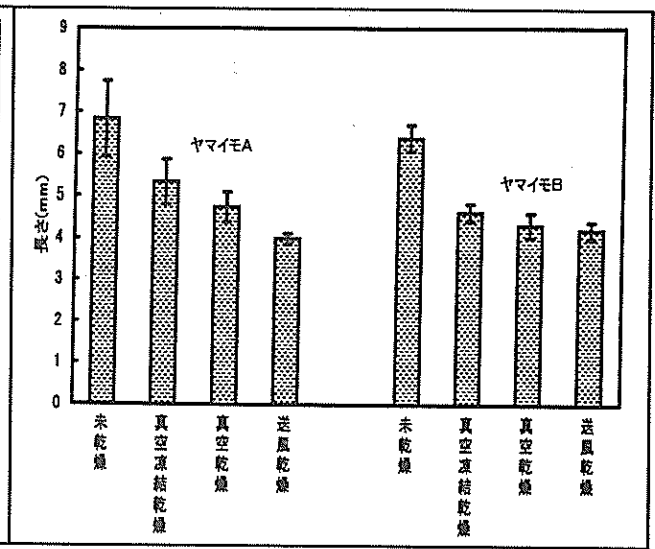


図5 粘質物の糸ひきの長さ

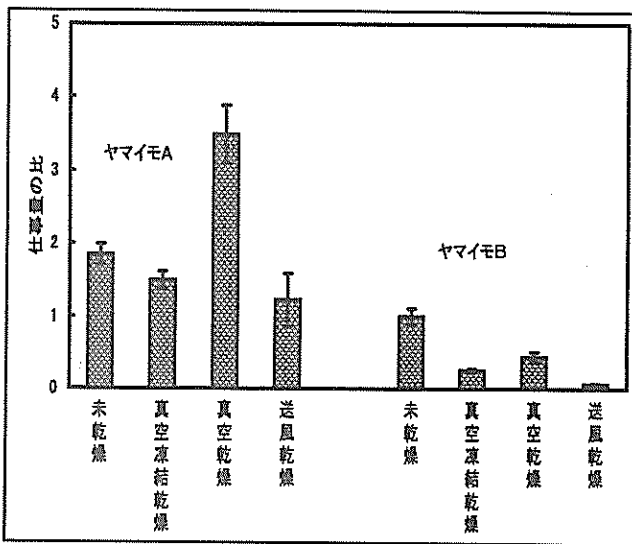


図6 水戻しヤマイモの糸ひきが切れるまでの仕事量

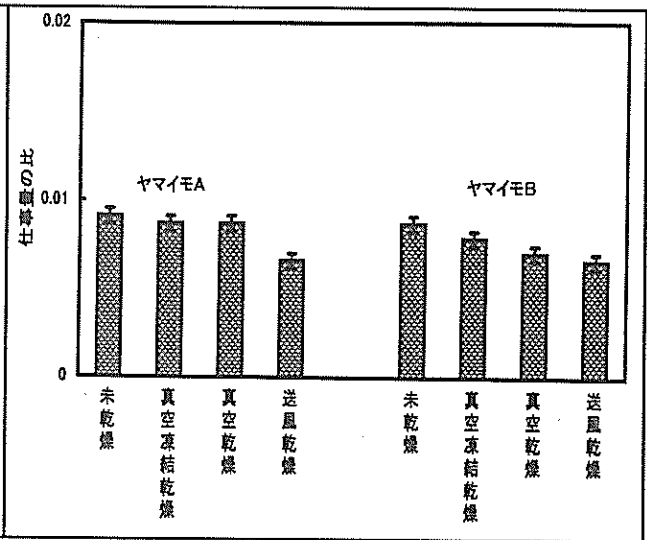


図7 粘質物の糸ひきが切れるまでの仕事量

乾燥物を水戻したヤマイモと乾燥物から抽出した粘質物の糸ひきの長さは、未乾燥のそれよりも短く乾燥により粘りが低下していた。また、乾燥方法による違いでは、真空凍結乾燥が未乾燥に近い値を示す傾向が見られた。

糸ひきが切れるまでの仕事量は水戻しヤマイモでは値にばらつきが見られたが、粘質物では真空凍結乾燥と真空乾燥した物は未乾燥とあまり差はなく、送風乾燥はやや低い値であった。

ヤマイモの粘質物は糖蛋白であり、粘性はその糖蛋白質の立体構造によるものとされている³⁾。今回の試験では乾燥物を水戻したときの粘性の保持は真空凍結乾燥で良く送風乾燥で悪かった。これは、蛋白質は熱により変性することから、真空凍結乾燥は低温で乾燥するため糖蛋白の変性が小さく粘性が保持されたが、送風乾燥は乾燥温度が60℃と高かったことから、糖蛋白の変性が進んだために粘性が低下したものと考えられる。

以上のように、糸ひきの長さで糸ひきが切れるまでの仕事量から、真空凍結乾燥したヤマイモの物性が乾燥前の物性に近く、ヤマイモの乾燥には凍結真空乾燥が適していると思われる。

水戻したヤマイモの色差の測定結果を図8に示す。真空凍結乾燥したものは園芸支場試験品種AとBともに乾燥前と色の变化はほとんどなかった。真空乾燥も乾燥温度30℃では色の变化はあまりみられなかった。送風乾燥は園芸支場試験品種AとBともに褐変が著しかった。また、ヤマイモの種類による違いでは、肉質が白い試験品種Aの方が褐変が速く進行した。

ヤマイモの変色はポリフェノールの酸化による褐変である。ヤマイモにはポリフェノールの酸化を促進する酵素ポリフェノラーゼが存在し、その酵素力が強いために褐変が速やかに進行することが知られている³⁾。ヤマイモの乾燥法で、真空凍結乾燥と真空乾燥でほとんど褐変が起こらなかったのは、真空にすることにより酸素が排気され、ポリフェノールの酸化が起こりにくい条件になったためと考えられる。

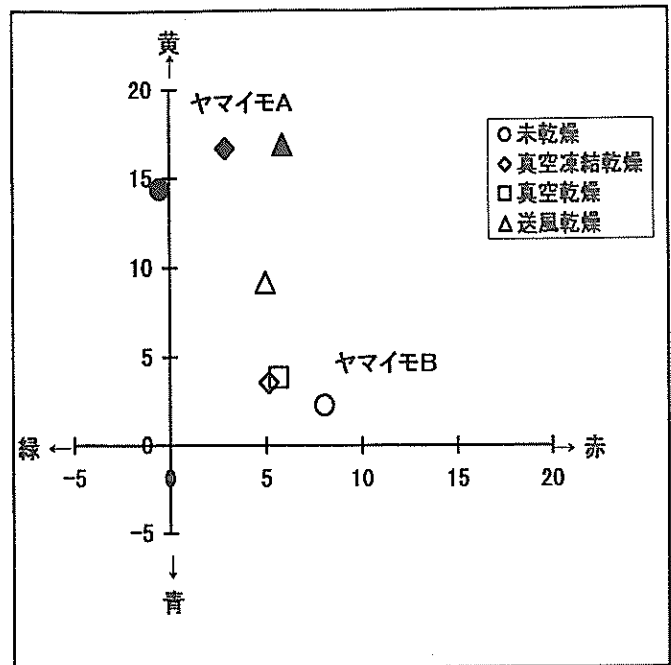


図8 水戻しヤマイモの色差

3-3. 薬草

クミスクチン、コヘンルーダーおよびリュウキュウヨモギの乾燥時間と乾燥物の水分含量をそれぞれ表4～6に示した。尚、乾燥温度は、真空乾燥は30℃、送風乾燥は60℃で行った。

表4 クミスクチンの乾燥時間と乾燥物の水分

	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥
乾燥時間(h)	28	42	17
乾燥歩留(%)	19.3	25.2	19.0
水分(%)	9.4	7.6	7.7

乾燥物の水分は10%以下で、特にリュウキュウヨモギでは4～6%と低かった。しかし、一般に利用されている茶葉の水分含量は5%以下であり、茶葉として利用するにはさらに乾燥を行う必要がある

表5 コヘンルーダーの乾燥時間と乾燥物の水分

	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥
乾燥時間(h)	50	44	21
乾燥歩留(%)	29.3	29.3	29.0
水分(%)	6.6	7.9	8.6

表6 リュウキュウヨモギの乾燥時間と乾燥物の水分

	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥
乾燥時間(h)	64	112	27
乾燥歩留(%)	22.1	21.9	15.2
水分(%)	4.1	5.8	5.1

乾燥物の香りは、3試料ともに真空凍結乾燥及び真空乾燥では植物本来の香りが残っていたが、送風乾燥では熱が加わることでより甘い香りが発生していた。

乾燥した3種の薬草については微粉粉碎機による微粉末化の検討も行った。粉碎機のクリアランス（上下の石臼の距離）は、0.3mmに設定し、葉と茎を一緒に粉碎したところ、葉の部分は粉末になったが、茎は長い繊維状になって残り均一な粉末にはならなかった。微粉粉碎機で粉末化を行う場合は、試料をある程度細かくするなどの前処理が必要である。薬草などの植物の場合は、乾燥前に葉と茎を分別したり、細かく切断するなど処理を行った方が乾燥時間も短縮でき、乾燥・粉碎を効率的に行うことができる。また、真空凍結乾燥及び真空乾燥品の粉末は抹茶様の鮮やかな緑色の粉末で、菓子類や麺類等への利用が可能である

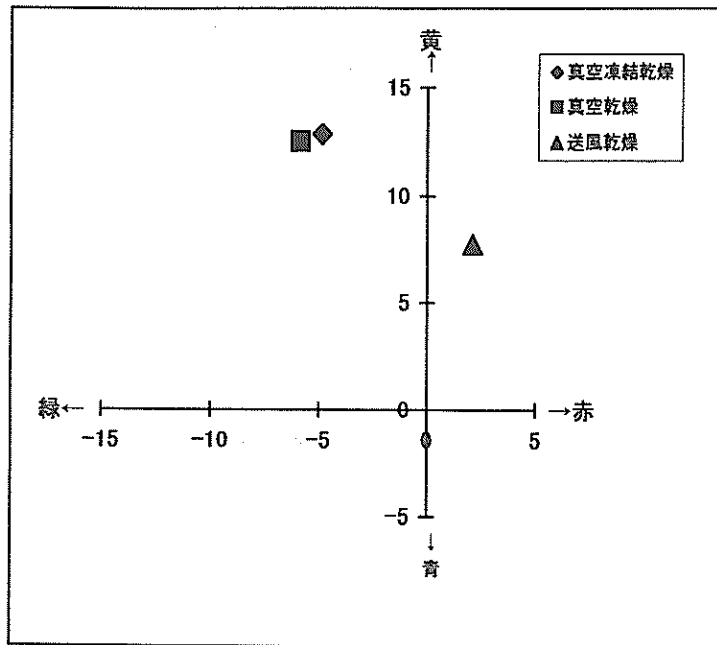


図9 乾燥クミスクチンの色差

3種の薬草の乾燥物の色は、真空凍結乾燥及び真空乾燥したものは鮮やかな緑色をしていたが、送風乾燥したものは茶色に変化していた。図9にはクミスクチンの色差の測定結果を示した。

薬草などを乾燥する場合、真空凍結乾燥及び真空乾燥を行うと乾燥前の色や香りが保持された乾燥物となり、送風乾燥では褐変しているが甘い香りのする乾燥物ができることが分かった。

4. 結 言

オキナワモズク、ヤマイモ、3種の薬草をそれぞれ真空凍結乾燥、真空乾燥、送風乾燥し、乾燥物または乾燥物の水戻し品について性状を検討したところ、表7に示すような結果が得られた。

表7 乾燥後水戻ししたオキナワモズク及びヤマイモと薬草乾燥物の性状

	真空凍結乾燥	真空乾燥	送風乾燥
オキナワモズク 戻し時間 粘質物の流出 色 圧縮荷重 (未乾燥と比較)	短い 多い 変化あり 1/2~1/3	長い 少ない 変化無し 1/2~1/3	長い 少ない 変化無し 1/2~1/3
ヤマイモ 色 粘り	褐変無し 多い	褐変無し 少ない	褐変あり ほとんど無い
薬草 (クミスクチン、コヘンルーダー、リュウキュウヨモギ) 色 香り	緑 乾燥前の香りが残る	緑 乾燥前の香りが残る	茶 香りに変化あり (甘い香り発生)

- ①オキナワモズクの乾燥物を水戻ししたものは乾燥前と食感が変化しており、前処理の方法などをさらに検討する必要がある。
- ②ヤマイモは、真空凍結乾燥を行うと色や粘りを保った乾燥物ができる。
- ③薬草は、乾燥前の色や香りを残したまま利用したい場合は真空凍結乾燥や真空乾燥を行い、薬草独特の香りを無くし甘い香りを付与したい場合は送風乾燥を行うなど、薬草の利用目的に応じて乾燥方法を選択することができる。

最後に、ヤマイモを提供していただいた沖縄県農業試験場園芸支場、薬草を提供していただいた社会福祉法人残波かりゆし会のみなさまに御礼を申し上げます。

5. 参考文献

1. 田之上隼雄、穂原関夫、石畑清武、日本食品工業学会誌、35、595—603、(1988)。
2. 協同組合クリエイティブ生産システム、「県産モズクの本土市場参入実現化戦略」、(1993)。
3. 杉田浩一、堤忠一、森雅央 編、「新編日本食品事典」、医歯薬出版株式会社、p47、(1987)。

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。