

富山シャクヤクのブランド化推進事業 —実生産規模乾燥調製法の実証と調製加工における成分変動—

田村 隆幸, 東 一彦, 大江 勇, 横田 洋一, 竹林 憲司

Demonstration studies on drying of *Paeonia lactiflora* Pallas for large-scale production and constituents change in the preparation processing

Takayuki TAMURA, Kazuhiko AZUMA, Isamu OE, Yoichi YOKOTA, Kenji TAKEBAYASHI

要 約

「富山シャクヤク」としてブランド化を図る品種「春の粧」を栽培する生産者が高品質シャクヤクを安定的に出荷するための乾燥調製マニュアルの作成を目指し、使用予定の平型乾燥機を用いた実生産規模での乾燥試験及び成分分析を実施した。その結果、考案した断続送風での乾燥調製法で乾燥が可能であり、30℃では加温送風開始から15日後（加温送風は8日間）、40℃では同13日後（同7日間）に乾燥が完了した。いずれの温度でも目標とする高品質な生薬を生産でき、30℃での乾燥の方がペオニフロリン含量が高い傾向であった。

今回の結果を基に、さらに乾燥時間やコストを削減した効率的な乾燥法へと改良し、生産者への技術移転を通して、シャクヤクの乾燥出荷を支援していく。

Summary

Drying method and quantitative analysis of constituents of *Paeonia lactiflora* for large-scale production using the flat-bed dryer was investigated for the purpose of making a processing manual for the farmers who cultivated "haru-no-yosooi (cultivar of *P. lactiflora*)" to plan branding as "Toyama peony" to ship peony root of high quality stably. As a result, fresh roots were able to dry by the drying method that we devised using an intermittent wind blast technique. The drying at 30 degrees Celsius was completed 15 days after a start of heating blast (heating blast : 8 days), and the drying at 40 degrees Celsius was completed 13 days (heating blast : 7 days) in the same way. Even drying at which temperature was able to produce crude drugs which satisfied an aim of high quality, but the paeoniflorin content by the drying at 30 degrees Celsius was a high the tendency.

We will study on the efficient drying methods that reduced time and cost for drying, and support farmers by technology transfer.

キーワード：シャクヤク, 乾燥, 平型乾燥機, ペオニフロリン

Key words : Peony root, Drying, Flat-bed dryer, Paeoniflorin

我々は、薬用植物指導センターで保有する230の園芸品種の中から薬用として高品質で、かつ切花生産も可能な品種を選定し、その栽培普及と利用の推進により付加価値の高い「富山シャクヤク」のブランド化を図るため、平成22年度から関連する研究を進めてきた。平成26年度までに実施した品種別の薬理試験及び成分分析、並びに栽培試験での生育及び病害調査の結果から、総合的に評価して優良な3品種を選抜した¹⁾。選抜の際には、新たに4年間栽培して得た生薬での薬効の再評価及び成分の再分析を実施し、品質の安定性及び再現性を確認している。平成27年度からは、選抜品種のうち実用化が最も進んでいる「春の粧」について、高品質な生薬を安定して生産するための実生産規模の乾燥調製法の確立に向けた検討を行ったので報告する。収穫から乾燥までの各工程での条件により生薬の成分等は変動することから、乾

燥調製法の検討における試料の品質確認については、優良品種の選抜のときのサンプル（自然乾燥）と同等であることを基準に評価した。

実験方法

1. 乾燥試験

(1) シャクヤク試料

富山県薬用植物指導センター（中新川郡上市町広野2732）で慣行法により栽培したシャクヤク（品種名：「春の粧」及び「梵天」）の根を10月から11月に収穫し、試料とした。収穫年は平成25年、27年及び28年で、いずれも4年栽培である。試料は、細い主根（径5 mm以下）や細根を概ね除去し、ガラ袋（PP袋）に約20 kgずつ入れた。これらを屋外、日陰の土の上に

並べ、その上にビニールシートを被せて乾燥を防止し、乾燥試験の実施まで約3ヶ月間貯蔵した。

(2)貯蔵後の再選別

第17改正日本薬局方²⁾(以下、「日局17」という)の医薬品各条「シャクヤク」における生薬の性状を参考に、概ね次の規格に適合するものを選別し、試験に供した。

- ・太さ 直径1.0 cm ~ 3.0 cm
- ・長さ 7 cm ~ 30 cm
- ・側根を分離し(股割り)、腐り、虫害、変色が認められるもの、皮の剥離の著しいもの(部分)、細根及び根茎部は除外する。

(3)洗浄

選別後の試料は、回転式洗浄機(図1)を用いて水のみで洗浄した。伝統的なシャクヤクの調製加工では、この洗浄機で砂と水とともに回転させ根の皮を剥くが、出荷予定企業の要望により、試料の根皮は剥かなかった。

【回転式洗浄機の概要】

洗浄槽サイズ：幅120 cmの六角柱型
(六角形の一辺は40 cm)

回転数：約45 rpm

【洗浄の条件】

- ・洗浄1回当たりのシャクヤク重量：約20 kg
- ・予備洗浄：水に浸漬10分間
- ・洗浄時間：計1分30秒(30秒洗浄で水の入換え)



図1 回転式洗浄機

(4)乾燥機

大紀産業(株)製 1坪型循環式平型乾燥機 HK-200-3.3C(図2)

乾燥槽は、幅1800 mm、奥行1800 mm、深さ500 mm(底板の位置調節を下段に設定)のサイズで、底板の多数の穴から温風が上方向に送風される。

(5)乾燥方法

前記乾燥機を使用したシャクヤクの乾燥方法がなかったため、第一に「全体に均一に乾燥できること」、

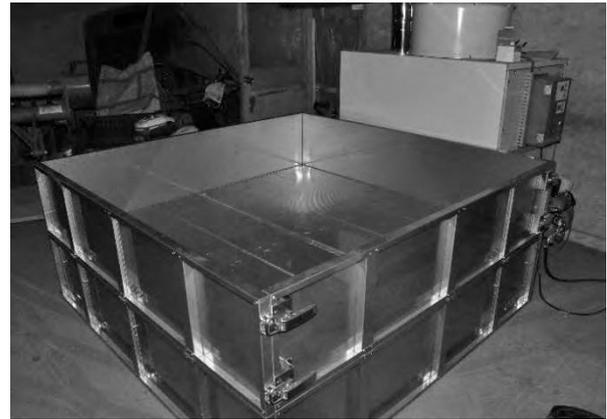


図2 試験に用いた平型乾燥機
(循環用の幌状シートを外した状態)

第二に「基礎検討³⁾で実施した連続送風乾燥よりも乾燥効率を向上させること」を目指し、次の乾燥方法を計画した。生薬の成分等の品質に最も影響を及ぼすと考えられる乾燥温度については、30℃及び40℃で比較したが、その他の乾燥条件は統一した。

【計画した乾燥方法】

底面が網目の容器(外寸 幅×奥行×深さ：595 × 399 × 229 mm)に水洗済みのシャクヤク根を入れ、乾燥槽内に1段当たりの容器数を13個として2段に重ねて計26個の容器を入れた。各容器に入れるシャクヤク根の重量は15 kgとし、1回の乾燥で合計390 kgを乾燥できる設定とした。

乾燥槽内で無加温送風を16時間実施した後、乾燥機を下記の設定で稼働させた。基礎検討の結果³⁾から連続送風より断続送風の方が短い稼働日数で乾燥し、また、休止期間を利用して次ロットの乾燥も同時進行することを想定して、24時間の稼働につき同時間の休止を繰り返す断続送風乾燥とした。休止期間中は試料を乾燥機から取り出して室内で保管した。乾燥期間中は乾燥槽内の容器の位置の入れ換えを実施した。

○乾燥機の設定条件

- ・温度：30℃又は40℃
- ・風量(インバーター設定値)：50 Hz
- ・循環機能(排気口ダンパー開閉度)：1(全開放)
- ・乾燥槽循環用の幌状シート：設置

○乾燥槽内の容器の入れ換え方法

- ・48時間毎に、①水平方向の位置、②上段、下段の位置を入れ換える。①は図3の規則に従う。
- ・①と②を同時に実施し、48時間毎に同じ要領で入れ換えを繰り返す。
- ・位置の入れ換え時に、容器内のシャクヤクを混合する。

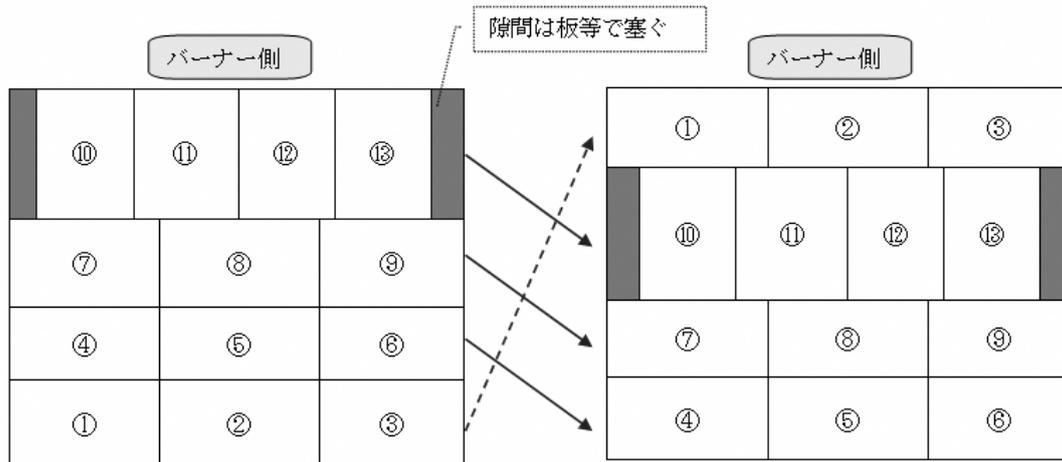


図3 乾燥槽内の容器の水平方向入れ換え規則（乾燥槽を上方から見た概略図）

(6)乾燥中の重量測定

各容器の重量を24時間毎に測定し、乾燥完了までの重量変化及び期間を記録した。また、容器の位置の違いが乾燥の進行に及ぼす影響について検討した。

(7)乾燥完了の判定

日局17ではシャクヤクの乾燥減量は14.0%以下と規定されている。正式な乾燥減量の試験を実施するにはサンプリングした試料を粉末として6時間加熱乾燥する必要があり、乾燥現場では簡易に乾燥の完了を判定できる方法が必要である。そこで、別の乾燥サンプルを用いた検討により、木材用水分計（RiXEN社製M70-D）で13%以下であれば要件を十分に満たしたことから、これを乾燥完了の目安とした。

2. 白色度

生薬シャクヤクは、市場では内部の色が白く充実したものが良品と評価されることから、ブランドイメージ構

築のため、「富山シャクヤク」を白く仕上げることも目指し、白色度でも評価することとした。

乾燥したシャクヤク根500gを細断後、粉碎して得られた粉末を試料とし、その色彩を分光色差計（日本電色工業(株)製NF555）で測定し、得られたL*a*b*値からハンター氏白色度を求めた。10回の測定値の平均を結果とした。

3. 成分分析

(1)乾燥エキス調製法（エキス含量）

乾燥したシャクヤク根の各粉末試料を用いて、日局17医薬品各条「シャクヤク」の定量法の抽出法に準じ、図4に従って乾燥エキスを作製した。この重量を生薬に対する含量%で表し、エキス含量とした。

(2)主要10成分の定量法

シャクヤクの主要10成分（ペオニフロリン、アルビフロリン、オキシペオニフロリン、ベンゾイルペオニ

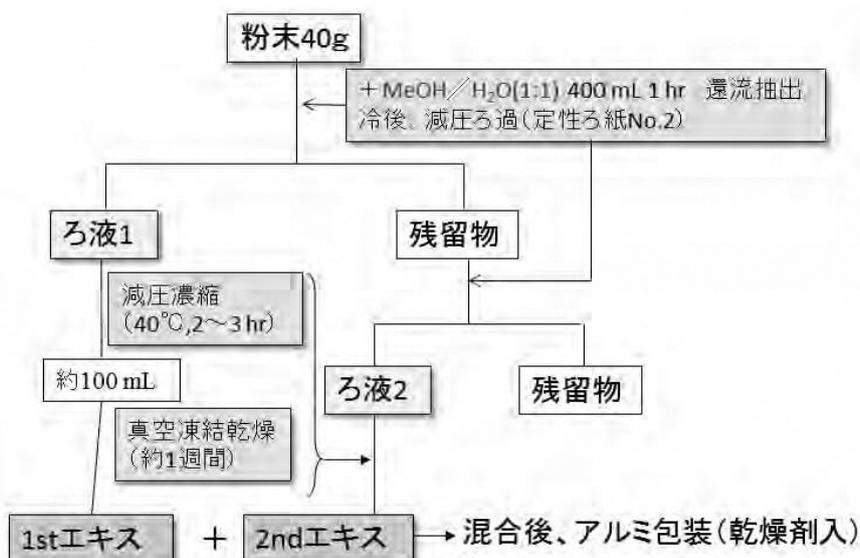


図4 シャクヤク乾燥エキスの調製法

フロリン、ペンタガロイルグルコース、没食子酸、没食子酸メチル、カテキン、安息香酸、ペオノール)を次の方法により定量した。

上記エキス約 0.1 g を精密に量り、メタノール/水混液 (1:1) を加えて溶かし、正確に 50 mL とした。この液 5 mL を正確にとり、内標準液 2 mL を正確に加え、水 2 mL 及びメタノール/水混液 (1:1) 1 mL を加え、孔径 0.2 μm のメンブランフィルターでろ過したものを試料溶液とし、下記条件により分析した。各成分の定量値は、換算した生薬の乾燥物に対する含量%とした。

分析機器：UPLC (Waters 社製 H-class)

検出器：PDA (検出波長：232, 280, 257 nm)

カラム：ACQUITY UPLC HSS C18 1.8 μm
(2.1×50 mm)

カラム温度：25℃

移動相：A：薄めたリン酸 (1 → 1000),

B：アセトニトリル グラジエント

時間 (min)	流量 (mL/min)	%A	%B
0	0.5	95	5
1.1	0.5	75	25
2.5	0.5	10	90
3.0	0.5	0	100
3.2	0.5	0	100
3.4	0.5	98	2

注入量：0.5 μL

内標準物質 (IS)：ケルセチン (4.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$)

(3)糖類の定量法

上記エキスを試料として、ショ糖、ブドウ糖及び果糖を次の方法により定量した。

分析機器：HPLC

検出器：示差屈折計 (RI)

カラム：CAPCELLPAK NH2 UG80 5 μm
(4.6 × 250 mm)

カラム温度：40℃

移動相：アセトニトリル/水 (4:1)

流量：0.8 mL/min

注入量：10 μL

内標準物質 (IS)：麦芽糖 (5 mg/mL)

50% アセトニトリルに溶解

結 果

1. 乾燥に伴う重量変化及び乾燥に要した日数 (図 5)

(1) 30℃での乾燥

「春の粧」の重量は開始から 3 日後 (加温送風は 2 日) に 73% に、同 7 日後 (加温送風は 4 日) には 61% に減少し、同 15 日後 (加温送風は 8 日) で 46.8% となり乾燥が完了した。「梵天」については、同様に 3 日後に 71% に、同 7 日後には 60% に減少し、同 15 日後 (加温送風は 8 日) で 50.2% となり乾燥が完了した。

(2) 40℃での乾燥

「春の粧」の重量は開始から 3 日後 (加温送風は 2 日) に 66% に、同 7 日後 (加温送風は 4 日) には 53% に減少し、同 13 日後 (加温送風は 7 日) で 44.8% となり乾燥が完了した。「梵天」については、同様に 3 日後に 64% に、同 7 日後には 54% に減少し、同 13 日後 (加温送風は 7 日) で 49.6% となり乾燥が完了した。

2. 乾燥槽内の位置の違いが乾燥の進行に及ぼす影響

30℃及び 40℃での乾燥開始から 24 時間毎の「春の粧」の重量について、乾燥槽内の上段と下段の比較、水平方向の位置の比較を行った結果 (データ掲載なし)、いずれの重量差も重量の 2% 未満であり、乾燥の進行への影響はなかった。特定の位置で乾燥の進行が異なることもなかった。また、「梵天」での結果も同様であった。乾燥開始から 24 時間後の重量については、全体的に上段より下段の方が軽い傾向があったが、その後、全ての位置で同様に乾燥が進行したのは、48 時間毎の容器の位置の入れ換えによるものと考えられた。

3. 乾燥したシャクヤク根の外観

「春の粧」及び「梵天」をそれぞれ 30℃及び 40℃で乾燥した試料の外観及び輪切りの写真を図 6 に示す。いずれの試料についても目視検査で変色は認められず、外観の異常は無かった。

4. 白色度

目視で白色と認識できる白色度 60 を目標値として設定した。「春の粧」の粉末試料の白色度は、40℃乾燥で 68.9、30℃乾燥で 70.4 であった (図 7)。「梵天」については、40℃乾燥で 70.2、30℃乾燥で 73.1 であった。「春の粧」は「梵天」と比較すると白色度がやや低いが、目標値を大きく上回った。分光色差計での測定結果から、「春の粧」の色調は「梵天」と比べて明度がやや低く、赤及び黄が若干強かったことが白色度の差に現れた。また、いずれの品種でも 40℃より 30℃の方が赤及び黄がともに少ない結果、白色度が高かった。

5. 収穫後の貯蔵及び乾燥によるエキス含量の変動

エキス含量は、生薬中の成分を溶媒で抽出した重量の割合で、日局 17 ではシャクヤクに試験は設定されていない

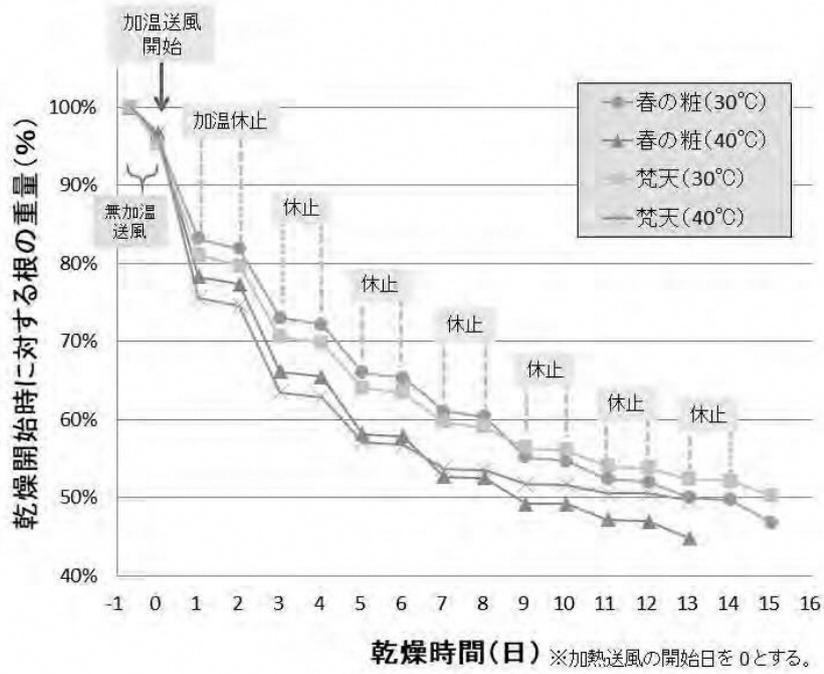


図5 シャクヤク根の乾燥に伴う重量変化

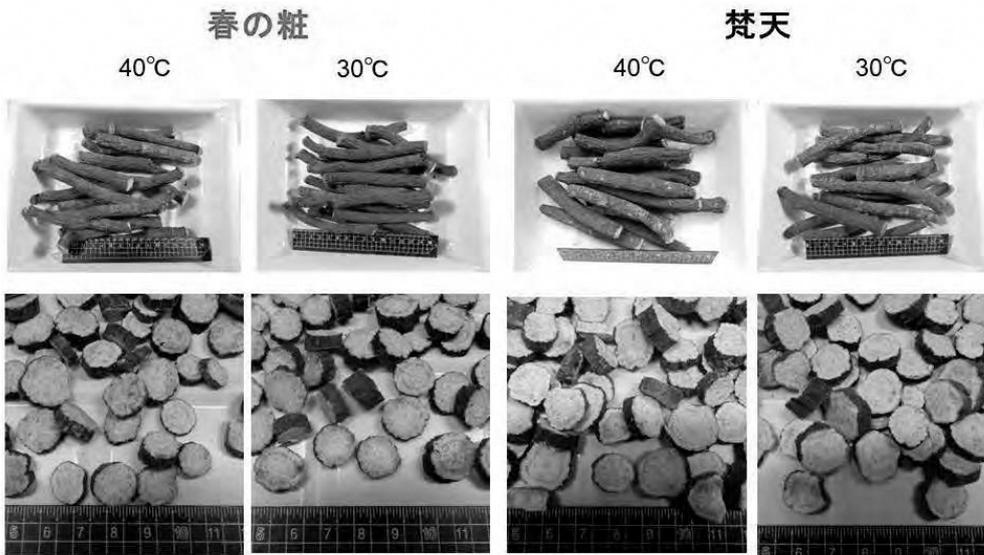


図6 乾燥した試料の外観

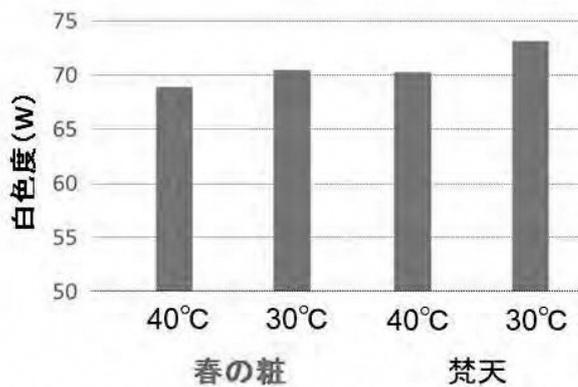


図7 乾燥した試料（粉末）の白色度

いが、エキス製剤の収量に大きく影響するため重要な項目である。一般に高い方が生薬使用企業からの評価は高くなるが、企業によって求める規格値は異なる。調製加工の方法をコントロールすることにより企業が求めるエキス含量に調整できる可能性もあり、収穫後の貯蔵及び乾燥による変動を検討した。

「春の粧」の根を貯蔵する前と後、乾燥後におけるエキス含量を図8に示す。収穫後の貯蔵前では約28%であるが、約3ヶ月の貯蔵後には38%となり、さらに平型乾燥機での乾燥(30℃)後には約53%に増加した。この値は、優良品種の選抜のときのサンプル(自然乾燥)と同等であった。

6. 収穫後の貯蔵及び乾燥による糖類含量の変動

上記4の結果(図8)と同じサンプルについて、糖類を定量した結果を図9に示す。エキス中に含有される糖類のほとんどがショ糖で、ショ糖は収穫後の貯蔵前では

約8%であるが、約3ヶ月の貯蔵後には約16%となり、さらに平型乾燥機での乾燥(30℃)後には約30%に増加した。この値は、優良品種の選抜のときのサンプル(自然乾燥)と同等であった。また、貯蔵や平型乾燥機(30℃)での乾燥によって他の成分含量はほとんど変化していない(データ掲載なし)ことから、貯蔵及び乾燥によるエキス含量の増加はショ糖によるものと推察された。

7. 平型乾燥機での乾燥温度の違いによる主要成分の変動

「春の粧」及び「梵天」をそれぞれ30℃及び40℃で乾燥した試料及び優良品種の選抜時と同じ自然乾燥した試料について、主要10成分を定量した結果を図10に示す。シャクヤク中のペオニフロリン含量は日局17で2.0%以上であることが規定されているが、実需者(生薬使用企業)からはさらに高含量の生薬が要望されていることから、「富山シャクヤク」の基準値を3.0%以上としている。30℃で乾燥した「春の粧」については、ペオニフロリン

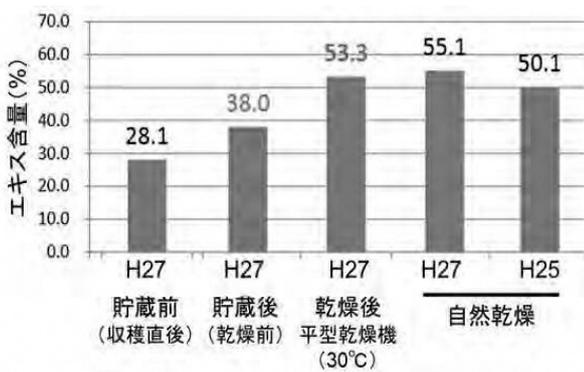


図8 貯蔵及び乾燥によるエキス含量の変動

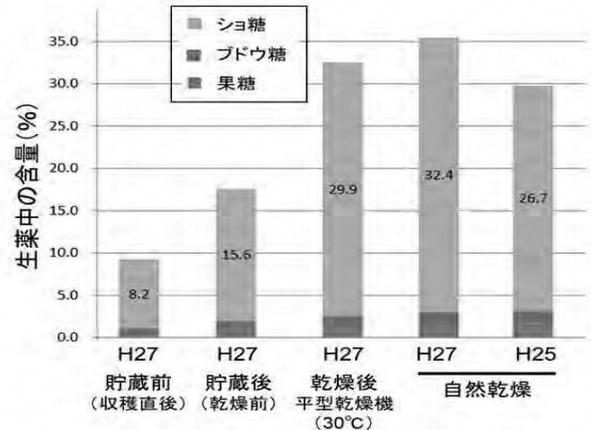


図9 貯蔵及び乾燥による糖類含量の変動

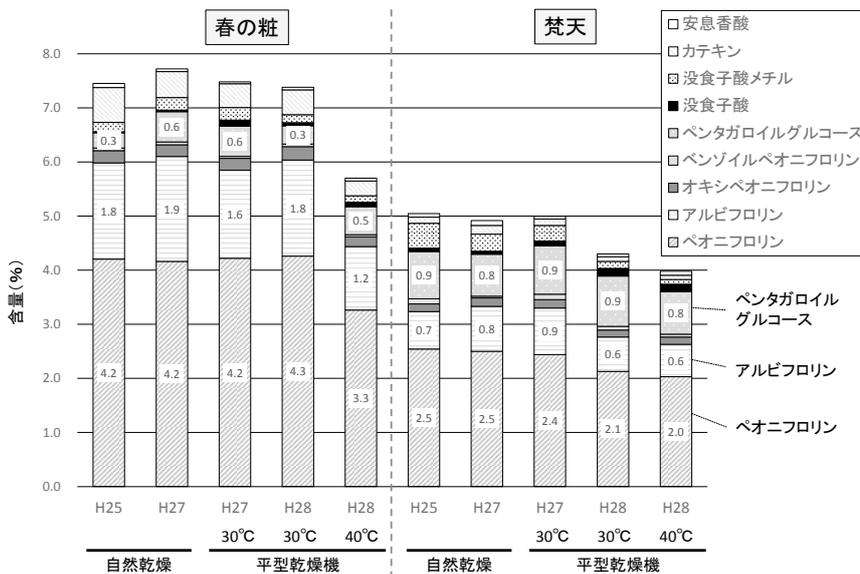


図10 平型乾燥機での乾燥温度の違いによる成分変動 (ペオノールは全試料において定量限界以下であった。)

含量が平成 27 年産で 4.2%、平成 28 年産で 4.3%と安定して高く、定量した全成分の含量が品質の基準とした自然乾燥の試料と同等であった。40℃で乾燥した「春の粧」については、ペオニフロリン含量が 3.3%であり、30℃での乾燥試料の 77%に低下した。

考 察

現在、県内で栽培されているシャクヤク品種「梵天」は、未乾燥の生根で出荷されている^{4) 5)}が、県内生産者等で組織する「富山型薬用作物生産協議会」は、平成 26 年度の国の事業により平型乾燥機（1 坪タイプ）をシャクヤク乾燥用に一部改良して導入し、乾燥出荷による新たな販路開拓と高付加価値化を目指した整備を進めている。ブランド用品種「春の粧」の生産者での栽培が平成 30 年 11 月に開始され、その 4 年後に収穫し出荷する際には出荷予定企業から乾燥品が求められており、当該乾燥機での乾燥が想定される。しかし、当該乾燥機を用いたシャクヤクの乾燥方法に関して乾燥条件や乾燥期間も不明であったため、事前に「梵天」を試料として当該乾燥機の基礎検討を行い、日本薬局方の規格を満たす生薬に乾燥できることを報告している³⁾。今回は、実際にブランド用品種「春の粧」を試料として、課題であった乾燥の効率化のため連続温風乾燥ではなく断続温風乾燥で乾燥試験を実施した。

シャクヤクに温風を当て続ける連続的な乾燥方法では根の表面の乾燥が急激に進行し、硬くなることによって中心部から表面への水分の移行が妨げられ、乾燥の進行が遅くなる。一方、断続温風乾燥では根の表面が硬くなる前に休止することで、中心部から表面への水分の移行がスムーズになり、乾燥効率が向上し、乾燥完了までの乾燥機稼働時間の減少によりコスト削減が可能であることを、これまでの基礎検討で明らかにしていた。そこで、本研究では、休止期間を利用して次ロットの乾燥も同時進行する効率的な乾燥を計画し、24 時間の稼働につき同時時間の休止を繰り返す断続温風乾燥において、乾燥温度の違い（30℃及び 40℃）による乾燥期間及び品質（成分含量及び白色度）への影響を比較検討した。

「春の粧」の乾燥完了までの期間については、30℃では加温開始から 15 日（加温期間としては 8 日）で、40℃では同 13 日（同 7 日）であった。乾燥期間に関して「梵天」との差はなかったが、乾燥歩留まりについては、「梵天」の約 50%に対して「春の粧」は 45～47%となり、若干低い傾向があった。両品種について別の研究における乾燥歩留まりの測定でも同様の値であったことから、これは品種特性であり、根のデンプン含量が多いほど乾燥歩留まりが高くなると推定される。

「春の粧」を実生産規模で乾燥した生薬の品質に関しては、30℃での乾燥は、ペオニフロリン含量が平成 27 年産で 4.2%、平成 28 年産で 4.3%と安定して高く、定量した全成分の含量が品質の基準とした自然乾燥の試料と同等であった。40℃での乾燥は、ペオニフロリン含量が 3.3%であり、30℃での乾燥試料の 77%に低下した。この成分低下の原因に関して、日局 17 のシャクヤク中のペオニフロリン定量法での抽出方法は加熱還流であり、単純な加熱による分解はほとんどないと考えられることから、乾燥中の特定の条件の組み合わせによって低下したことが考えられるが、詳細は不明である。今後の検討によりペオニフロリンが減少する条件について明らかにできれば、高品質な「富山シャクヤク」の安定的な生産に寄与できると考えられる。

今回の検討により、ブランド化を図るシャクヤク品種「春の粧」について、生産者が安定して高品質な生薬を出荷できるよう、平型乾燥機を用いた乾燥調製法を確立した。乾燥効率を考慮し、断続温風乾燥の休止期間に次ロットの乾燥を同時進行することにより、780 kg の生根の乾燥処理が 30℃では 16 日間、40℃では 14 日間で可能となる。

冬期の自然乾燥が不向きである本県の気象条件において、乾燥機により乾燥条件を一定にすることで、品質の生産年次変動を抑え、高品質な生薬を安定して生産できるよう、本研究では乾燥機で乾燥する方法とした。しかし、出荷予定企業及び生産者からは、さらに効率的な乾燥法が要望されていることから、今後は品質への影響を確認しながら、自然乾燥と乾燥機の併用や容器の入れ換え作業の省略等により乾燥時間やコストを削減した方法へ改良し、高品質な富山シャクヤクの販路拡大及び生産振興を支援したいと考えている。

文 献

- 1) 川筋透, 田村隆幸, 横田洋一, 宮本(山口)朋美, 本田裕恵, 竹林憲司, 大江勇, 高田正明, 松永孝之: 富山シャクヤクのブランド化推進事業報告(平成24-26年度) 選抜品種の特性比較, 富山県薬事研究所年報, 42, 29-34 (2016)
- 2) 厚生労働省: 第17改正日本薬局方, 1817 (2016)
- 3) 田村隆幸, 高田正明, 大江勇: 実生産規模でのシャクヤクの乾燥調製を目指した基礎検討, 富山県薬事研究所年報, 42, 33-38 (2015)
- 4) 公益財団法人日本特産農産物協会: 地域特産作物(工芸作物、薬用作物及び和紙原料等)に関する資料(平成29年産), 14 (2019)
- 5) 村上守一: 富山のシャクヤク栽培, 和漢薬, 753 (2016)