

北海当帰の調製加工工程の機械化に関する研究 (第2報)

蓑嶋 裕典, 尾谷 賢, 内山 智幸
兼俊 明夫*, 姉帯 正樹*, 青柳 光敏*
金島 弘恭*, 畠山 好雄** 飯田 修**
森 豊司***, 中谷 司***

Study on rationalization for preparation process of Angelicae Radix (Part II)

Hironori MINOSHIMA, Masaru OTANI
Tomoyuki UCHIYAMA, Akio KANETOSHI*
Masaki ANETAI*, Mitsutoshi AOYAGI*
Hiroyasu KANESHIMA*, Yoshio HATAKEYAMA**
Osamu IIDA**, Toyoji MORI***, Tukasa NAKAYA***

抄 録

前報¹⁾において、北海当帰の機械乾燥化の際の基礎的試験を行い、その可能性を示した。そこで、本報告においてはそれらの結果をもとに実操業への適応性に関する検討を行った。原料の高さ1m程度の堆積では、発酵は生じないものの堆積が一月以上に亙る場合、中程以上の部位の試料で50%エタノールエキス量が薬局方基準を下廻ることのあることが認められた。また、1m程度の堆積状態での一次乾燥は、上下方向での乾燥ムラを生じ、その結果として水分率50%以上の状態で、あんじょうを行うと一部にカビの発生を伴うとともに、薬局方基準を下廻ることのあることが認められた。

今後は、実乾燥機内で乾燥ムラを防ぐと同時に粉塵等による作業性を改善した対策を講じることにより、水分率50%以下を確保する必要がある。また、原料の堆積保存時は層高を約60cm以下とし、また長期の堆積保存は避ける必要がある。

1. はじめに

本研究は、生薬の安定した供給と品質の確保のため、北海当帰の調製加工工程の合理化を行うことを目的としている。第一報において、乾燥および保存工程に対して基礎的な試験を行い、それらの条件の選定により、機械乾燥化の可能性があることを示した¹⁾。

本報告においては、それらの結果をもとに実操業に対する適応性について検討を行った。実操業時に想定されるフローを現在のフローと比較して図1に示した。実操業にあたっては、まず、北海当帰は他の農産物同様同一時期に大量に収穫されることから、乾燥機の能力を適正なものとするため、原料状態で工場等において最大1カ月間、堆積保存する必要がある。しかし、栽培農家では、北海当帰を堆積保存した場合、

数日で発酵し堆積保存には適さないと言われており、機械乾燥化において重要課題となる原料の堆積保存時の生薬成分の安定性について検討を行った。次に、乾燥基礎試験においては、一次乾燥およびその後の保存では、北海当帰を重ねることなく一体毎にその条件下においたが、実操業においては大量処理となり、積層して扱われるため、これらの際の適応性を、現在川芎の乾燥用として用いている実機により検討を行った。

*北海道立衛生研究所**国立衛生試験所北海道薬用植物栽培試験場
*** 訓子府町農業協同組合

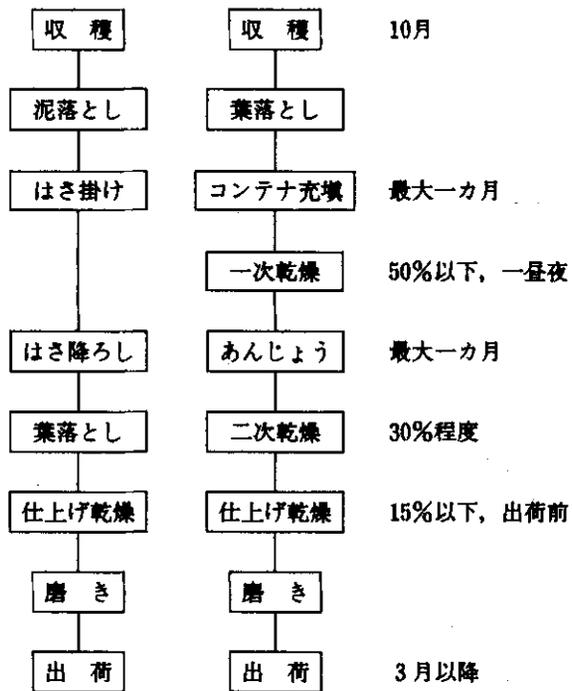


図1 機械乾燥化後の調製加工フロー

2. 原料の堆積保存試験

2.1 試料

試料とした北海道産は、'92年10月に訓子府町の農家で収穫されたもので、これを直ちに試験に供した。

また、試料は収穫後、泥のついたままの状態を用い、

- ① 葉をカットしたもの
 - ② 葉を残したもの
- の2通りとした。

2.2 堆積試験方法

2.2.1 堆積方法

試料の堆積方法は、以下の3通りで行った。

- A. 試料の葉をカットし、120cmの層高で堆積したもの（ただし、上面は開放状態）：略称～120cmシート無し。
- B. 試料の葉をカットし、60cmの層高で堆積したもの（同上）：略称～60cmシート無し。
- C. 試料の葉を残し、60cmの層高で堆積し、なおかつ上面をビニールシートで覆い密閉状態としたもの：略称～60cm葉残しシート有り。

また、これらの堆積の広さは、それぞれ幅、奥行きともに90cmとし、厚さ30mmの発泡ウレタン保温材で側壁および底板を形成し、底面および側面からの熱移動を防ぎ、上面からのみの換気冷却という厳しい条件を設定した。

2.2.2 測温箇所

上記3種の堆積試料に対し、以下に示す位置にT型熱電対を設置し、連続的に試料および試料周囲の温度を観察した。

A. 120cmシート無し堆積品

底板からの高さ～H = 15cm, 45cm, 75cm, 105cm

B. 60cmシート無し堆積品

同～H = 10cm, 25cm, 40cm, 55cm

C. 60cm葉残しシート有り堆積品

同～H = 10cm, 25cm, 40cm, 55cm

以上それぞれの深さにおいて①試料周囲②試料内部（約10mmの深さ）の2種類を約1週間連続測定した。また、放置期間はトータル1か月とした。

これらの試験状況を図2に写真で示した。



図2 堆積試験の様子

2.3 分析項目および分析方法

第一報に準じ、50%エタノールエキス量およびリグステイライド含量を分析した。なお分析用試料は所定の箇所より一俵づつ（n = 1）採取した。

2.4 結果および考察

2.4.1 堆積保存時の温度変化

(1) 堆積試料周囲の温度変化

経過日数と試料周囲温度の変化を、それぞれの堆積品について図3～5に示した。

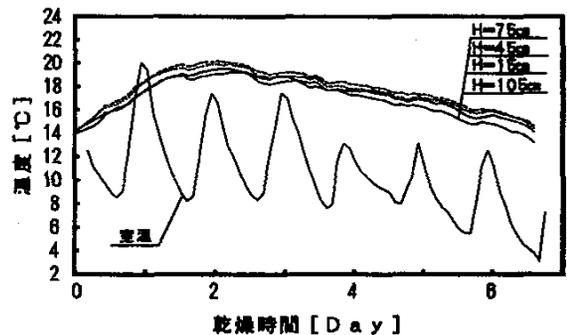


図3 堆積による温度変化 (120cm堆積品)

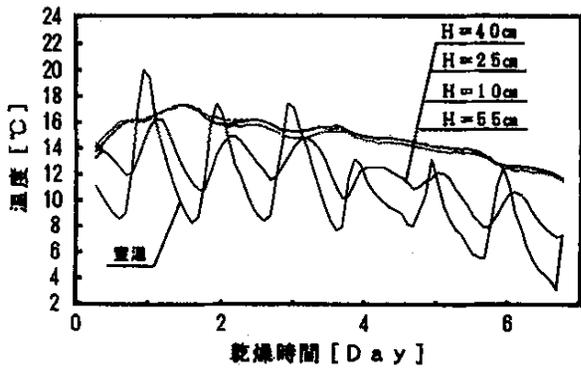


図4 堆積による温度変化 (60cm 堆積品)

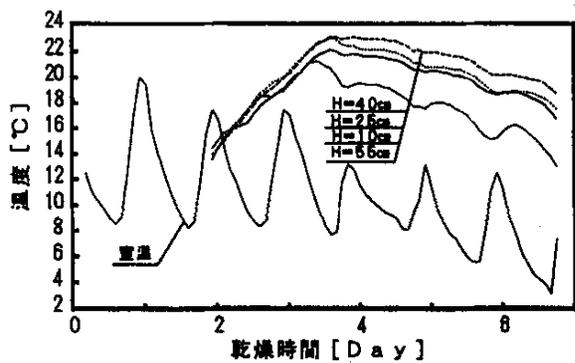


図5 堆積による温度変化 (60cm シート有り)

A. 120cm シート無し堆積品

図3より、以下のことが確認された。

- ① 試料周囲温度は測定開始後徐々に上昇し、約2日後にピーク値約20℃を記録した後、単調な減少傾向を示した。
- ② 堆積高さ方向では、 $H=75\text{cm} > H=45\text{cm} > H=15\text{cm} > H=105\text{cm}$ の順に温度が高かった。ただし、 $H=15\text{cm}$ と $H=105\text{cm}$ は室温の変動により逆転することがあった。また、最上部の測定点を除けば上部ほど温度が高かったが、その差は最大でも約1℃と小さいものであった。

B. 60cm シート無し堆積品

図4より、傾向は120cm 堆積品と同様であるが、温度レベルは低く、最高温度は約17℃であった。全般的に室温と連動している様子が確認され、堆積高さを低くした場合、上面からの冷却に有利となることが確認された。

C. 60cm 葉残しシート掛け品

これは、密閉され最も温湿度が高い状態を想定したものである。図5より、以下のことが確認された。

- ① 他と同様に約2日後に最高値を示した(注:図5では2日目から開始)後、単調な減少傾向を示したが、最高温度は約23℃と最も高かった。

- ② 堆積高さ方向における傾向は、他と同様に最上部($H=55\text{cm}$)を除き、上部ほど高く $H=40\text{cm} > H=25\text{cm} > H=10\text{cm}$ の順であった。
- ③ ビニールで密閉しても、外気による冷却作用を受けることがわかった。

(2) 試料内部温度の変化

試料内部の温度は、その近傍の試料周囲温度に比べ有意的な差は観察されなかった。

以上の温度観察結果から、内部温度は最大でも23℃と低く、これは堆積保有中の北海当帰の呼吸作用によるものと思われる、心配された発酵は生じていないものと判断された。

2.4.2 成分分析結果

1週間堆積の温度観察結果から、大きな変質は少ないと想定されたため、これらの試料をコンテナ(1050D×1700W×1200Hmm)へ一括して移し、さらに堆積期間を延長し、約10℃の環境下において1か月放置後の試料について分析を行った。その結果を表1に示した。この際、3種の堆積試験試料を一括してコンテナへ投入したため、高さ表示はコンテナ充填時の底板からの高さとした。

表1 一か月放置後の試料の生薬成分分析結果

| コンテナ中の高さ cm | リグステイライド含量 % | 50%エタノールエキス量 % |
|----------------|-----------------|-------------------|
| 100 | 0.155 | 29.2* |
| 80 | 0.172 | 49.3 |
| 80 | 0.081 | 24.5* |
| 60 | 0.070 | 26.0* |
| 60 | 0.067 | 21.7* |
| 40 | 0.117 | 35.4 |
| 40 | 0.141 | 44.4 |
| 20 | 0.157 | 43.8 |
| 20 | 0.032 | 44.5 |

* 日本薬局方試験に不適合(局方35.0%以上)

表1より、50%エタノールエキス量は中程以上の高さの試料で薬局方基準(局方35.0%以上)を下廻り、またリグステイライド含量も同位置で低い値となった。この位置は初期の温度測定において温度の高かった位置と一致した。また、この50%エタノールエキス抽出成分の主体は糖分であると考えられるが、呼吸作用により消化されたものと想定され、堆積高さを高く長期間保存する場合、注意が必要であることがわかった。さらに、1か月放置後の試料の一部には萌芽が観察された。

3. 乾燥試験

3.1 試料

試料とした北海道産は'93年10月に訓子府町の農家で収穫したもので、これを直ちに試験に供した。また、試料は収穫後、泥のついたままの状態ですべてをカットして用いた。

3.2 乾燥装置

試験に用いた乾燥機は、現在、訓子府町農協で川芎の機械乾燥用に使用している実機である。

本機は床面から熱風が上昇する形式の通風型熱風乾燥機であり、床面積9m² (3m×3m)を有している。熱源は灯油を燃料とした熱風発生機を用い、間接加熱方式を採用している。また、熱風は試料層高約30cmでの温度でON-OFF制御を行っている。

3.3 乾燥試験方法

3.3.1 一次乾燥試験

この乾燥機に試料を層高90~100cmで堆積した。この際、投入した試料は原料基準で約2.5tであった。また、乾燥は基礎試験結果から水分率約50%を目標とし、乾燥条件を以下の2通りとした。

A. 熱風温度 前半30℃から後半50℃

B. 熱風温度 40℃一定条件

また、乾燥中の水分率は、当層一体毎での測定では個体差が想定されたため、樹脂製ネット袋に7~8体詰め、このネットの重量変化を測定した。さらに乾燥中の試料層内の温度変化を測定した。

(注記)

基礎試験より一次乾燥は70℃以下で行い、終点水分率を50%以下とすれば、品質上の問題はないという結果が得られている。しかし、本装置での設定温度は試料層内の温度を示し、入口熱風温度は成り行きとなる。よって、設定温度より入口温度は高温となり、大量の原料を使用する現場試験のため、安全を見て、当初設定温度をA条件30℃、B条件40℃とした。しかし、結果としてA条件においては、入口熱風温度が低く、乾燥の進行が極端に遅かったため、途中から50℃に昇温し、その影響を見た。

3.3.2 保存(あんじょう)試験

一次乾燥後の試料を、トロンメルを通し付着している砂を落とした後、コンテナ(1050D×1700W×1200Hmm)6基に一括して移し、二段重ねとし屋外で1カ月間の保存を試みた。この際、コンテナの中央部にはミニコンを用い空洞部を作製した。また、この間の試料層内の温度変化を測定した。

3.3.3 二次乾燥試験

二次乾燥は、約1カ月のあんじょう後、前記の乾燥機を用いて行う予定であったが、保存7日後に一部の試料にカビの発生が認められたことから、暖房用ジェットヒータを用いて乾燥し、さらに20日後に二次乾燥を同ジェットヒータにより行った。

3.3.4 従来法「はさ掛け」による試料について

比較用試料として、従来法である「はさ掛け」品を'94.12.21訓子府町の農家でサンプリングした。試料は、収穫後約70日を経過したものであり、「はさ掛け」の上段、中段、下段よりそれぞれ採取した。

3.3.5 成分分析

2項に準じ、エタノールエキス量の定量を行った。なお、分析用試料は、同様に所定の箇所より一体づつ(n=1)採取した。

3.4 結果および考察

3.4.1 一次乾燥結果

一次乾燥終了後の試料の水分率を、図6に示した。乾燥機内の試料層の部位別に、A条件(30→50℃)について図7に、B条件(40℃一定)について図8に示した。なお、原料の水分率は主根約75%、側根約70%であった。また、水分測定結果を平均して想定された一次乾燥後の試料層全体の平均水分率は、A条件に対して53.1%、B条件に対して48.6%であった。

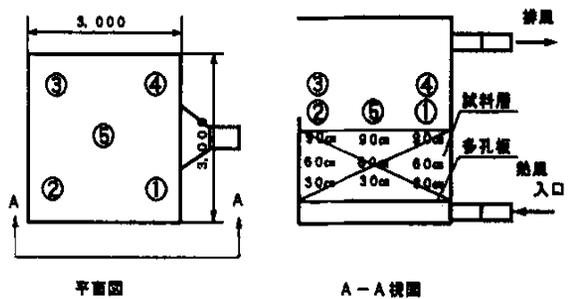


図6 試料採取位置図

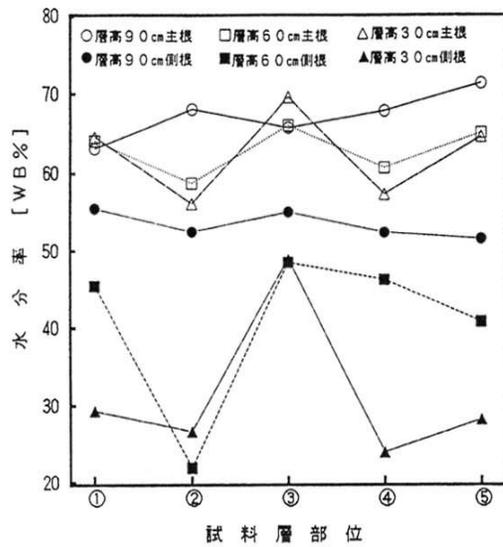


図7 一次乾燥後の各部位の水分率 (A条件: 30~50°C)

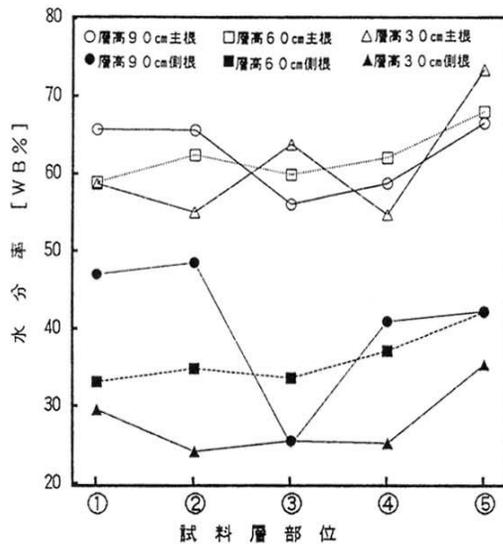


図8 一次乾燥後の各部位の水分率 (B条件: 40°C一定)

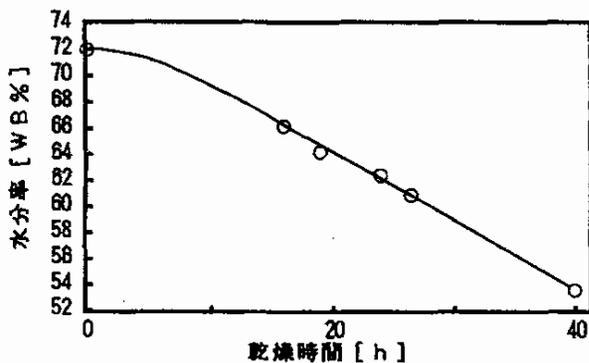


図9 ネット測定による乾燥速度 (B条件, 90cm 部位)

図7 および 8 より, 全体の水分率は約 50% であっても, 主根は 60~70% と乾燥不足の状態にあり, また側根は 20~50% と過乾燥の状態にあることがわかった。なお, 主根と側根の重量比率は約 50% であった。さらに, B 条件において⑤部位の層高約 90cm でネットを用いて測定した乾燥速度を図 9 に示した。湿量基準水分率で, 50% 程度まではほぼ直線的な減少を示した。

次に, B 条件での乾燥機内の温度分布を, 水平方向に対して図 10 に, 垂直方向に対して図 11 に示した。これと, 一次乾燥後の水分率分布図 8 から, 高さ方向では一部で熱風の偏流による逆転が見られるが, 低部ほど乾燥の進行が速い。これは, 垂直方向の温度分布図 11 で顕著に観察された。また, 水平方向では周辺への熱風の偏流による影響で, 図 10 より, 中央 (⑤) が低い傾向が見られたが, 乾燥後の試料の水分率には大きな差は観察されなかった。

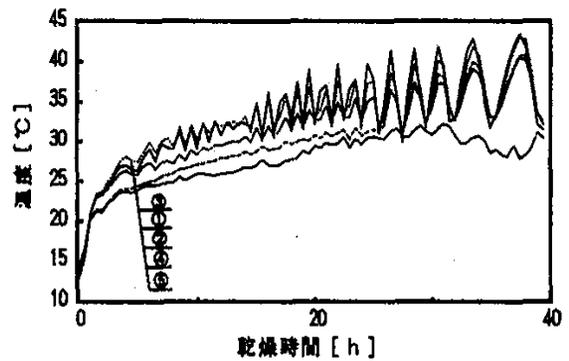


図10 乾燥中の温度分布 (水平方向, B条件)

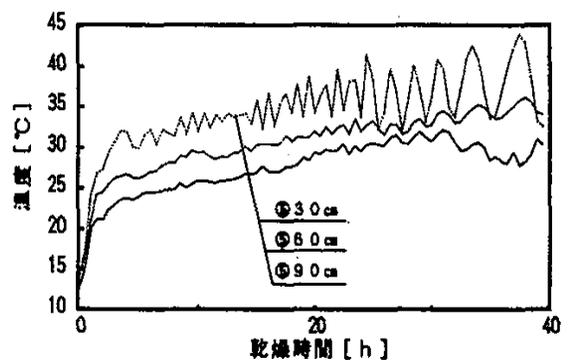


図11 乾燥中の温度分布 (垂直方向, B条件)

一方、乾燥初期に90~100cmであった層高は、乾燥の進行とともに徐々に減少し、一次乾燥終了後には55~60cmとなった。また、乾燥による側根の絡み合いおよび層の圧密により熱風の通過抵抗が増し、装置周辺への偏流が生じていることが観察された。さらに、一次乾燥終了時の試料の取り出しの際、試料に付着していた土砂による粉塵が激しく、また側根の絡み合いにより試料のハンドリング性が非常に悪いものであった。これらの改善が望まれるが、一例として、原料を10~20kg単位で麻袋等に詰めたまま乾燥を行い、圧密による偏流を防ぐとともにハンドリング性を改善する方法が考えられるが、今後の課題である。

また、これら乾燥終了後の試料をサンプリングし、ラボ用乾燥機50℃で乾燥後、4℃保冷庫で保管した試料の50%エタノールエキス量について測定した結果を表2に、一次乾燥終了後の水分率と対比して示した。

表2 一次乾燥後の生薬成分分析結果

| 条件 | 試料部位 | 50%エタノールエキス量 (%) | 水分率** (%) |
|----|-------|------------------|-----------|
| A | ①90cm | 35.8 | 63.3 |
| | ①60cm | 31.8*1 | 64.3 |
| | ①30cm | 41.1 | 64.8 |
| | ③90cm | 33.1*1 | 65.9 |
| | ③60cm | 39.7 | 66.2 |
| | ③30cm | 41.7 | 69.7 |
| | ⑤90cm | 43.3 | 71.4 |
| | ⑤60cm | 34.8*1 | 65.3 |
| | ⑤30cm | 36.8 | 64.8 |
| | 平均 | 37.6 | 66.2 |
| B | ①90cm | 46.0 | 65.8 |
| | ①60cm | 49.6 | 59.0 |
| | ①30cm | 45.5 | 58.8 |
| | ③90cm | 40.7 | 56.2 |
| | ③60cm | 44.6 | 60.0 |
| | ③30cm | 38.6 | 63.9 |
| | ⑤90cm | 43.9 | 66.6 |
| | ⑤60cm | 44.9 | 68.1 |
| | ⑤30cm | 44.0 | 73.5 |
| | 平均 | 44.2 | 63.5 |

* 1 日本薬局方試験に不適合 (局方35.0%以上)

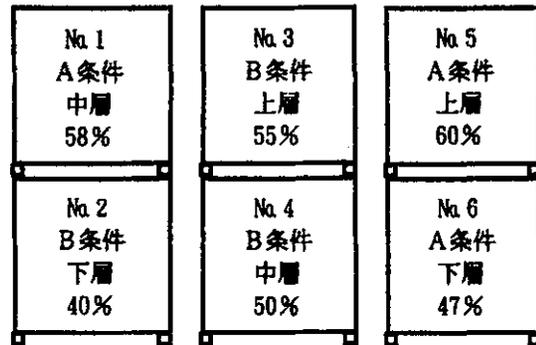
* 2 乾燥後、主根水分率 (図7および8より)

表2より、50%エタノールエキス量に関しては、試料の乾燥時の部位との関連は小さいものと思われるが、A、Bの乾燥条件別においては、明らかにA条件(30→50℃)が好ましくない。試験方法で述べた通り、この設定温度は試料層高さ約30cmにおける温度であり、50℃設定の場合、結果として入

口温度は最大80℃であった。しかし、この温度に晒されるのは最も低部の試料のみであり、試料層全体に互って生薬成分に影響を及ぼす原因としては、湿度が考えられるが、今後の検討事項である。

3.4.2 あんじょう試験結果

一次乾燥における乾燥機中の試料部位と保存したコンテナ6基の配置およびコンテナ中の試料のあんじょう前の平均水分率を図12に示した。



※ 数字は保存前の平均水分率を示す

図12 あんじょう状態

あんじょう7日後、水分率の高いコンテナNo.1およびNo.5の2基の一部からカビの発生が認められた。そこで、全試料を暖房用ジェットヒータを用いて乾燥し(30℃, 半日)、さらに20日後、二次乾燥を同様な手法(30℃, 1~1.5日)で行った。

この二次乾燥後に麻袋で35日保存した後の試料、さらに比較試料とした現状のはさ掛けによる試料('93.12.21採取, 収穫後約70日)の水分率と50%エタノールエキス量分析結果を表3に示した。この際、現場的処理として、次の3ブロックで処理した。

- ① (B条件の下層) + (B条件の中層)
- ② (B条件の上層) + (A条件の下層)
- ③ (A条件の中層) + (A条件の上層)

これらは①②③の順に、ほぼあんじょう前の試料の水分率の少ない順となっている。

表3 二次乾燥後の試料および現状のはさ掛け品の水分率と成分分析結果

| 試料 | 水分率 (%) | | | 50%エタノールエキス量 (%) |
|-------|---------|------|------|------------------|
| | 主根 | 側根 | 全体 | |
| ① - 1 | 30.7 | 19.0 | 24.5 | 43.6 |
| - 2 | — | — | — | 43.1 |
| ② - 1 | 26.4 | 20.7 | 23.4 | 47.1 |
| - 2 | — | — | — | 36.2 |
| ③ - 1 | 34.4 | 18.9 | 26.6 | 45.2 |
| - 2 | — | — | — | 47.8 |
| カビ品① | — | — | — | 30.7* |
| 同 ② | — | — | — | 30.1* |
| はさ上部 | 44.4 | 22.8 | 31.0 | 48.9 |
| 中部 | 35.0 | 21.6 | 28.8 | 51.5 |
| 下部 | 28.0 | 22.2 | 24.0 | 41.3 |

*日本薬局方試験に不適合 (局方35.0%以上)

表3より、緊急の現場の処理により、試料が大きくくりとなったため、傾向は読み取れない状況となった。平均的に見れば50%エタノールエキス量において問題はない。一方、現状のはさ掛けにおいても乾燥ムラが存在し上部ほど水分率が高いが、この時点(収穫後約70日)において成分上、問題はない。はさ掛け品は今回の試験品に比べ50%エタノールエキス量は高い水準にある。両者は栽培農家が異なるものであるが、これまで述べてきた様に乾燥および保存条件等の調製方法の差によるものと考えられる。

4. まとめ

北海道帰の調製加工工程の実操業に対する適応性を検討した結果、以下の知見を得た。

—原料の堆積保存試験—

- ① 収穫後、直ちに堆積高さ140cmにおいて1カ月の堆積保存を行っても、従来心配された発酵は観察されなかった。
- ② 堆積高さが高いほど、また、密閉性が高いほど試料の温度は上昇し、呼吸作用が活発であることが伺われた。生薬成分保持の面からは、堆積高さを低く、開放系で保存することが望ましい。
- ③ 堆積高さを高く(140cm)、長期間(1か月)の保存は50%エタノールエキス量を低下させ、薬局方基準を下廻るものが生じることがある。

—実規模一次乾燥試験—

- ① 試料空間温度設定(前半30℃、後半50℃)では、垂直方向の試料位置において、上部ほど乾燥の進行が遅く、50%

エタノールエキス量を低下させ、薬局方基準を下廻るものが生じることがある。

- ② 試料空間温度40℃設定では、乾燥ムラは見られるものの成分上の問題は見られなかった。
- ③ 乾燥終了時において、付着していた土砂による粉塵および試料の圧密による側根の絡み合いにより取り出しの際、非常にハンドリングの悪いものであった。

—あんじょう、二次乾燥試験—

- ① あんじょう7日後に水分率の高い試料にカビの発生が認められ、またこの試料は50%エタノールエキス量が薬局方基準以下に低下していることがわかった。

カビ発生の処理のため当初目的とした試験は、今回最終段階までできなかったが、以上の操作において得られた試料の50%エタノールエキス量の平均は、薬局方基準を満足するものの、従来のはさ掛け品を下廻る仕上がりとなった。しかし、上記した様に原因は乾燥および保存条件にあり、今回確認した条件により実操業が可能なものと考えられる。

本研究は、厚生省科学研究費補助事業による「老年性疾患に用いられる漢方方剤構成生薬の品質改善に関する研究」の一環として行われたものである。

参考文献

- 1) 蓑島裕典他:北海道立工業試験場報告, 293, 175 (1994)