

センキュウ乾燥工場の調査及びシステムの改善*

尾谷 賢, 内山 智幸, 山崎 邦雄, 清水 條資
本田 重司, 姉帯 正樹**, 金島 弘恭**

Research and Improvement of Cnidium Rhizome Preparation Process

Masaru OTANI Tomoyuki UCHIYAMA Kunio YAMAZAKI
Jyohsuke SHIMIZU Shigeshi HONDA Masaki ANETAI**
Hiroyasu KANESHIMA**

抄 録

北海道で栽培・生産されている生薬の代表格とも云えるセンキュウの調製加工工場について、特に工学的見地から前処理、ブランチング（湯通し）、乾燥の各工程を調査、その結果に基づき新工場の建設を行ない、その運転状況についても調査を行った。

1. はじめに

各種農産物の自由化や水田の減反政策などで北海道の農業もかつて無い厳しい状況におかれている。一方、地場産業の活性化をめざす一村一品運動の中で、最近ハーブ、生薬類の生産および高度利用（加工製品）が普及拡大しつつある。特に生薬に関しては、北海道は古い歴史があり¹⁾各地で特用作物としての栽培が進められており、14品目、22の栽培組合が作られている²⁾。しかし、この生薬に関しても国内使用の多くは中国などからの輸入品が大半を占めることから国産品の競争力をつけるためには製品の品質向上が今後大きな課題となってくる。13品目の中で特にセンキュウは国内生産の70%以上を北海道で生産しており、その調製加工、特にブランチング、乾燥工程は品質を大きく左右するものと思われるが、工学的な見地からの検討はこれまで殆どなされていない。

1990年にセンキュウの主産地である常呂郡訓子府町

の薬草乾燥工場が新設された。本報告はその設計指針を得るために旧工場の実態調査を行い、更にそれに基づき新設された工場の稼働状況を調査した結果について報告する。

2. センキュウと新旧薬草乾燥工場の概要

センキュウはセリ科の植物でその根茎をブランチング後、乾燥したものは川芎と呼ばれ漢方薬の原料として古くから用いられている³⁾。訓子府町はホッカイトウキと共に国内の主産地として知られ、その作付面積22haは国内の44%を占め²⁾、10月から年末にかけてその調製加工が行なわれている。調製加工のフローシートを図1に示す。この工程のうち、二次乾燥までを連続的に行い、三次乾燥は出荷前（翌年の2～3月）に行っている。センキュウの水分率の違いによる保存性を検討するために水分活性を調べた。その結果を図2に示す。なお、測定方法は前報⁴⁾と同様である。

旧工場は1975年に遊休校舎の体育館を利用し、洗浄、ブランチング、一次乾燥機（通常のトンネル型熱風乾燥機、間接加熱）と教室に二つの二次乾燥用堅型乾燥機（積

* この報文を「ハーブ、生薬の乾燥に関する研究」（第2報）とする

** 北海道立衛生研究所

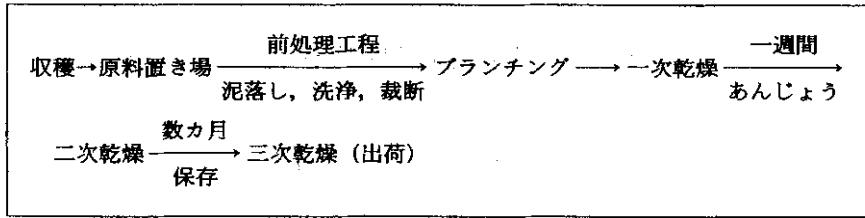


図1 センキュウ調製加工フローシート

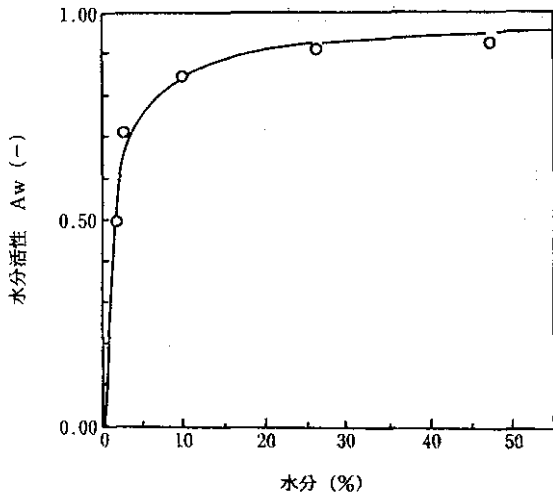


図2 センキュウの水分と水分活性の関係

み上げた試料の底より熱風が上昇する方式)が設置されていた(原料処理量 5t/日)。しかしこれらの乾燥効率、あるいはブランチングの効果等については不明であった。工場の老朽化と共に、効率のよい新工場の建設計画が持ち上がり、各工程での採用機種選定を行なうために、旧工場の実態調査を行なった。その結果をもとに90年に新工場が建設され操業を開始しており、その調査も併せて報告する。

3. 旧工場の調査結果

3.1 工場の概要

75年に造られた旧工場の概念図及び写真を図3、写真1・2に示す。遊休校舎を利用していることから二次乾燥工程以降が離れており、作業効率の悪いレイアウトとなっている。

3.2 前処理工程

原料置き場から裁断機までの前処理工程での問題点を列



写真1 遊休校舎を利用した乾燥工場(左端ボイラー室)



写真2 粉塵の立ち込める工場内

写真 旧生薬乾燥工場

挙すると次の通りであった。

- (1) 原料置き場でのセンキュウの堆積状態が悪く一部発酵しており、原料の品質低下をきたしている。
- (2) トロムメル形式の洗浄機の機能が不十分であり工場内の粉塵がひどく作業環境を悪化させていた。
- (3) 裁断機に入る前にブランチャーからのオーバーフロー水を用い最終洗浄を行なっていたが、その洗浄水が汚れているため悪影響を及ぼしていた。
- (4) 後段のブランチングのためにはサイズを整える必要があるが、現状の裁断機は30~120mmφとバラツキが大きい。

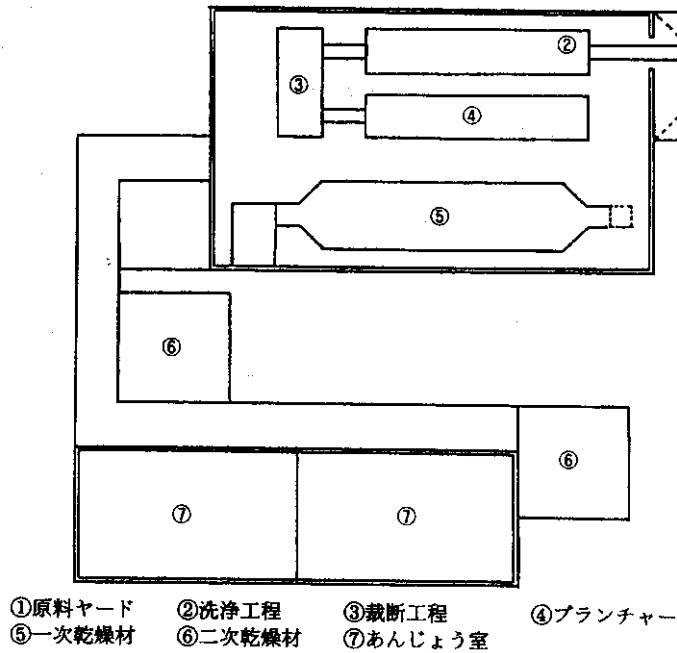


図3 旧生薬乾燥工場概念図

3.3 ブランチング工程

センキュウのブランチングはでんぶんの糊化による有効成分の流失防止と酵素失活が主な目的である。湯浴ブランチャー(0.41×0.45×4.5m)の温度分布を図4に示す。ブランチャーは、温度90～95℃、滞留時間5～6分で運転されており、その時のセンキュウの品温(中心)はその大きさにより48～70℃と大きなバラツキがあった。センキュウの酵素失活には65℃以上が必要と云われ

ており、かなりの部分がブランチング効果を示していないものと思われる。サイズ別による湯浴ブランチャーでの品温の変化を図5に示す。中心温度が65℃に到達する時間はサイズにより大きな開きがあることから、裁断機の形状等を再検討しサイズを揃える必要がある。

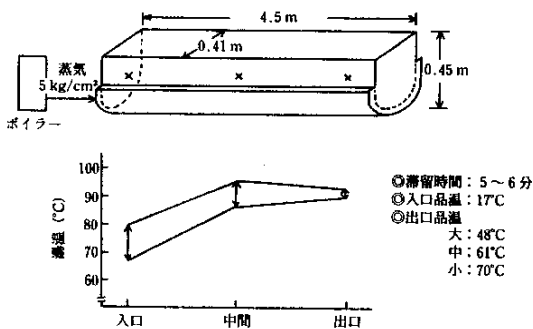


図4 ブランチング槽の温度分布

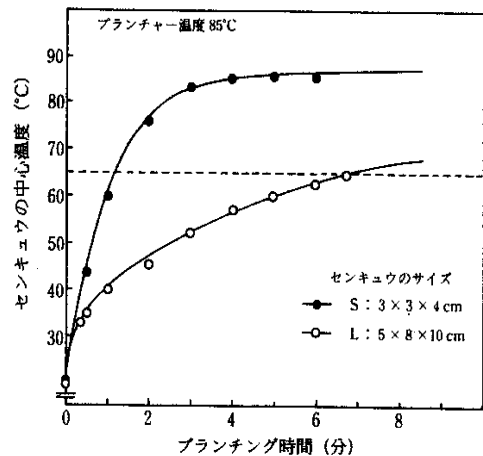


図5 ブランチングにおけるセンキュウの品温上昇曲線

3.4 一次乾燥

ブランナグ後の一次乾燥に用いられているトンネル型乾燥機(1.9×3.6×長さ 13.2m)はトンネル内にワゴン(1.7×1.0×1.5m タナ 8段)に載せたセンキュウ(水分率 62%)を並べ、間接加熱の熱風を吹き込み乾燥を行なっている。その概要並びに乾燥機内の雰囲気温度と品温の分布を図6に示す。入口、出口ガス温度からの乾燥効率を概算で15~25%程度であった。また、20時間の乾燥後のセンキュウの水分率はブランチャーでの付着水を除去する程度の効果しかなく、非常に効率の悪い乾燥機であることが分かった。

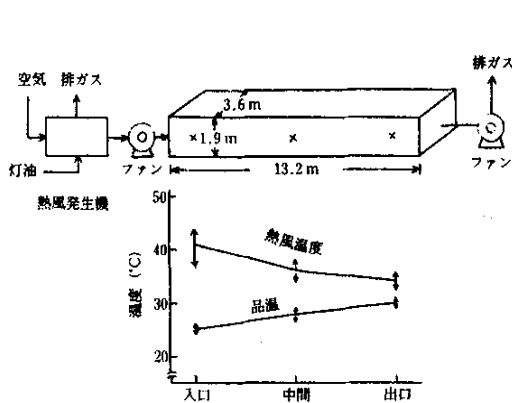


図6 箱型熱風乾燥機の温度分布

3.5 二次乾燥

一次乾燥後の二次乾燥用堅型乾燥機(2.8×2.8×高さ 1.2m)の概要とその温度分布を図7に示す。試料の堆積は約50cm前後である。この方式での乾燥効率をトンネル型乾燥機に比べかなり良く35~45%を示した。また、双方の熱風発生機の性能に関しては燃料メーターが設置されていない等のこともあり十分な検討は出来なかったものの、燃焼排ガス温度、排ガス量などからトンネル型よりも堅型に用いているものの方が熱風変換効率が高いことが示され、新工場の設計指針を得ることが出来た。なお、二次乾燥(48hr)においてセンキュウは62%から48%程度の水分率となっていた。

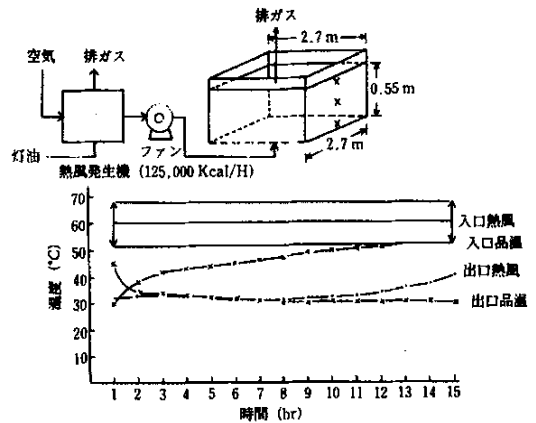
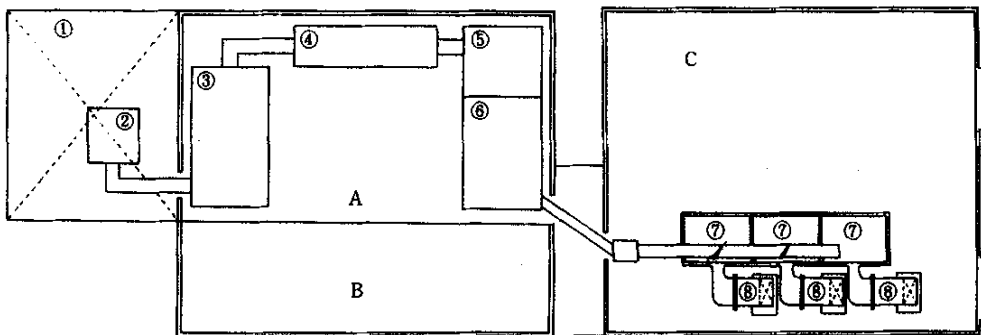


図7 たて型熱風乾燥機の各温度の経時変化



- ①原料ヤード ②原料投入口 ③第1次洗浄工程 ④裁断工程
- ⑤最終洗浄工程 ⑥ブランチャー ⑦乾燥機 ⑧熱風発生炉
- (A)前処理室 (B)ボイラー室 (C)乾燥及びあんじょう室

図8 新薬草乾燥工場概念図

4. 新工場の調査結果

旧工場の実態調査をもとに、図8に示すような新工場が90年9月に完成し操業を行なっている。新工場の写真



写真3 新工場外観

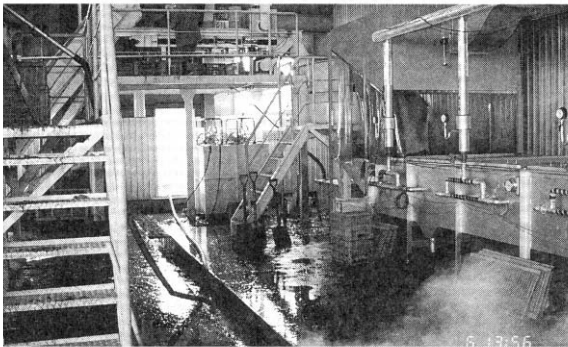


写真4 前処理工程



写真5 乾燥室

写真 新生薬乾燥工場

を写真3, 4, 5に示す。

4.1 前処理工程

センキュウの乾燥工場でも最も重要な工程がこの前処理工程であることが、先の調査で明らかになった。センキュウ

ウは根茎の形状から泥落しが厄介であるが、新工場の多段方式はこの目的に十分対応しており、乾燥工場での粉塵が旧工場に比べ格段に減少し、作業環境が改善された。次に、裁断工程であるが、機械的操作に作業員の手を加える方法を取っているものの、次項に示すようにSサイズからLサイズまでまだバラツキが認められた。これは裁断工程でのサイズ調整には限界があることを示しており、ブランチングの方法と併せてシステムを考える必要がある。

4.2 ブランチング工程

ブランチャー(1.2×5.0×1.0m)の立ち上がりは約2時間(外気温度10℃)程で90℃(ブランチング温度)に達している。ブランチャー内の温度は位置的(入口, 中央部, 出口)な温度ムラもほとんどなく、これは良好な運転状況であった。しかしながら、温度の制御を人手のバルブ操作に依存しており、そのために80~90℃の間を変動している。4.1項で述べたようにセンキュウのサイズにバラツキがあるため表1に示すようにLサイズは目標の品温(65℃)に到達しておらず、Lサイズの滞留時

表1 ブランチングによるセンキュウ中心温度

No.	ブランチャー温度	サイズ		
		L	M	S
1	90℃	56.5℃	68℃	82℃
2	86	62	72	80
3	84	44	71	78
4	83	41	67	71

試料寸法(約)

L:(10*8*5), M:(5*5*4), S:(4*3*2)cm

ブランチング時間: 8.5分 (昨年は90℃で6分)

処理量: 約1,700kg/H

間を長く取る対策が必要と思われる。そのためには裁断後、LサイズとM・Sサイズの二系統にする必要がある。

4.3 乾燥工程

新工場に採用した乾燥機は旧工場で用いていた堅型乾燥機と同機種で3.0×3.0×1.5mのものが3機用意され、ベルトコンベアーにてブランチャーより自動的に試料が搬送される仕組みとなっている。このうち、2機が一次乾燥用、1機が二次乾燥用としてのローテーションで用いられている。

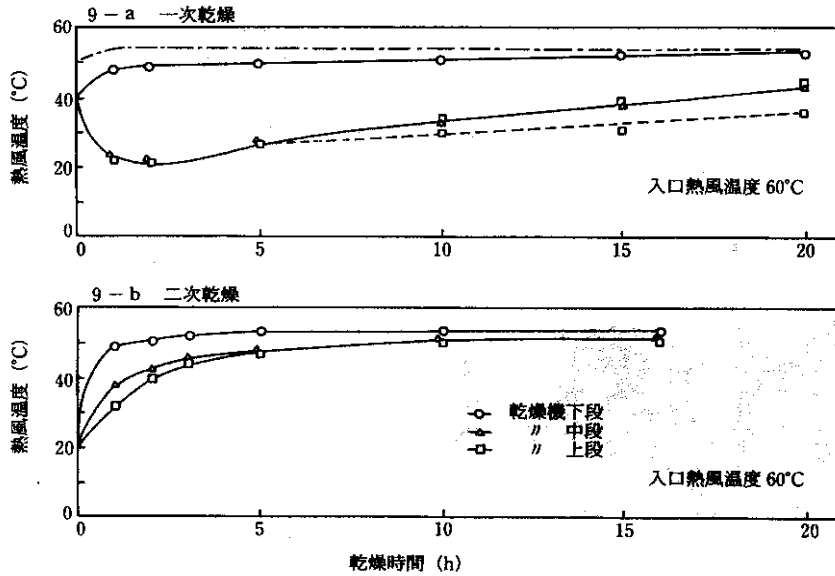


図9 乾燥機の各場所における熱風温度の推移

表2 一次乾燥運転状況

No.	1		2	
	No1	No2	No2	No3
乾燥機 No	No1	No2	No2	No3
処理量 (kg 乾物)	2,465	1,761	2,778	4,046
乾燥時間	20'14"	20'	18'	20'26"
灯油消費量 (L)	257.5	240.0	235.0	315.0
〈熱収支〉				
熱風変換率 (%) ^a	81.8	83.5	81.7	67.0
乾燥効率 (%) ^b	60.4	60.7	77.8	--#
総合効率 (%) ^c	49.5	50.7	63.6	62.3

: 乾燥機の入口, 出口ガス温度の計算からは75%を示している。

一次乾燥, 二次乾燥の結果を表2, 3に, 乾燥機内部の乾燥時間に対する温度変化を図9に示す。

一次乾燥は60%以上の高い乾燥効率を示しており, 新工場の妥当性がデータ的にも裏付けされた。処理量が増加すると乾燥効率が上がる傾向を示しているが, 乾燥ムラ(表5)が大きくなることから層高80~90cmが限界と思われる。二次乾燥については図9-bに示したように乾燥排ガス温度が乾燥初期からほぼ入口温度に近ずいており, 低い乾燥効率となった。これはある程度二次乾燥の性格上仕方ないが, 表3より乾燥ムラが少ないことから処理量の増加, 乾燥排ガスのダクトワークなどを考慮することにより, さらに乾燥効率の改善が図られるものと思われる。しかし, 全体としては良好な運転状況と

表3 二次乾燥運転状況

No	1	2
乾燥機	No3	No1
処理量 (kg 乾物)	2,907	3,221
乾燥時間	17'26"	16'59"
灯油消費量 (L)	266.5	201.0
〈熱収支〉		
熱風変換率 (%) ^a	68.1	81.0
乾燥効率 (%) ^b	25.6	36.4
総合効率 (%) ^c	17.4	29.6

各効率の計算は以下の式による

a : 熱風発生機熱風変換効率 =
乾燥機入口熱風熱量 / 灯油熱量

b : 乾燥効率 =
蒸発水分相当熱量 / 乾燥機入口熱風熱量

c : 総合効率 =
蒸発水分相当熱量 / 灯油熱量

a段階での主な熱損失は燃焼排ガス(70%)と装置からの放熱, b段階での熱損失は乾燥排ガスの持ち去る熱で, cはa, b全ての熱損失が関与している。

言える。

使用乾燥機の熱風変換効率はNo.1, 2は80%以上の値であり一般的な熱風発生炉の効率が出ているものと思われる。No.3は幾分低い値を示した。燃焼排ガス温度から75%程度の変換効率は期待されるが, この数値も下回っており, 熱風導入部分(全ての乾燥機に配管されている)からの放熱が考えられ, ダンパーの設置が効果的と思われる。

表4 各段階でのセンキュウの水分量

測定位置	水分率 (%)
原料(ブランチング前)	65~70%
ブランチング後	68~70%
一次乾燥後	平均42.7%(バラツキ大)
二次乾燥後	平均18%(ほぼ均一)

表5 一次乾燥における水分率の分布

No 乾燥機No		1		2		平均
		No1	No2	No2	No3	
上段	平均	57.5	46.8	56.9	55.5	54
	a,b,c	60,60,53	49,49,42	67,54,49	54,60,52	
中段	平均	47.1	38.6	43.7	41.5	42
	a,b,c	58,44,40	44,36,36	52,38,41	40,42,42	
下段	平均	30.2	31.3	31.5	31.8	31
	a,b,c	36,25,37	33,30,31	31,30,33	34,32,30	
平均		45	39	44	43	42.7

(%)

表6 二次乾燥における水分率の分布

No 乾燥機No		1	2	平均
		No3	No1	
上段	平均	18.8	18.1	19
	a, b, c	21, 19, 20	16, 23, 15	
中段	平均	19.2	16.1	17.5
	a, b, c	19, 22, 17	14, 18, 15	
下段	平均	18.7	17.8	18.3
	a, b, c	17, 23, 16	18, 20, 15	
平均		19	17.3	18

(%)

4.4 センキュウの水分の推移

図1に示した工程中、各段階でのセンキュウの水分率の変化を表4に示す。また、一次、二次乾燥後の乾燥機内の位置の違いによる水分率の変化を表5、6と図10に、サンプリング位置を図11に示す。

一次乾燥における乾燥機の位置による水分のバラツキは、表5の通り上下方向で大きな差を示している。水平方向では熱風発生機側と試料出し入れ側との差がみられ、これは熱風のチャンネリングによるものであるが、

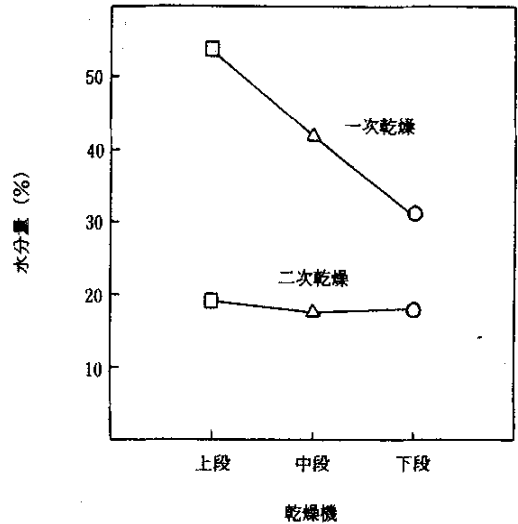


図10 一次、二次乾燥における、垂直方向での水分量

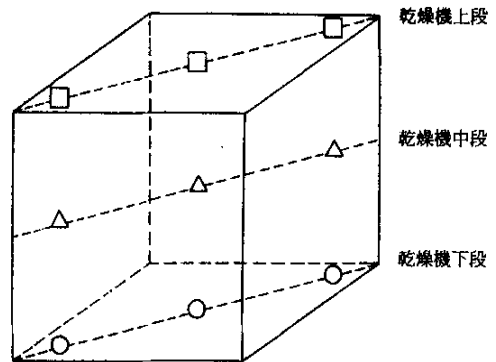


図11 水分測定試料のサンプリング場所

全ての乾燥機が同様の傾向であることから装置の改良による改善が期待できる。一次乾燥後約一週間ほど工場内で小コンテナに入れ安じょうし、二次乾燥が行われるわけであるが表6のようにセンキュウの水分ムラが殆ど解消されている。この様に、一次乾燥での乾燥ムラは二次乾燥後に解消されることから乾燥システムとしては妥当な状態と云える。

4.5 各工程でのエタノール、エーテル各エキス量

センキュウの市場における生薬としての評価方法の一つとして希エタノールおよびエーテルエキス量の測定が行われている。そこで、本工場でのブランチング後の各工程での各エキス量を定量した。

結果を表7に示す。試料にバラツキが多少見られるものの、希エタノールエキス量はブランチング後の物に

**表7 センキュウの希エタノール、
エーテルエキス含有量**

No	試料	希エタノールエキス	エーテルエキス
1	ブランチング後	40.1%	4.8%
2	〃	35.6	3.5
3	〃	30.5	4.9
4	〃	40.6	5.0

5	一次乾燥後	24.4	4.6
6	〃	33.4	3.3
7	〃	32.7	4.3
8	〃	30.5	3.0

9	二次乾燥後	26.5	4.6
10	〃	28.1	4.6
11	〃	30.6	6.1
12	〃	26.5	7.0

比べ、一次、二次乾燥後の物で各々82%、77%を示し、エーテルエキス量に関しては各工程での違いはみられなかった。またこれらの数値は1級品～特級品に相当していることが示された⁵⁾。なお、エキス含量の試験は第十一改正日本薬局方の生薬試験法に記載されているエキス含量の定量法に準じて以下のように行った。

(1) 希エタノールエキス定量法

超遠心粉碎機で48メッシュ以下に粉碎した分析用試料約2.3gを精密に量り、100mlの三角フラスコに入れ、50%含水エタノール70mlを加え、時々振り混ぜて浸出し、更に20時間放置した後、ろ過した。フラスコ及び残留物をろ液が100mlになるまで50%含水エタノールで洗った。ろ液50mlをホットプレート上で蒸発乾固し、105℃で4時間乾燥し、デシケーター(乾燥剤シリカゲル)中で放冷後、その重量を精密に量り、2を乗じて希エタノールエキスの量とした。乾燥減量によって得た数値(105℃、5時間乾燥)より乾燥物に換算した試料量に対し、エキス含量(%)を算出した。

(2) エーテルエキス定量法

分析用試料をデシケーター(シリカゲル)中で48時間以上乾燥し、その約2gを精密に量り、100mlのナス型フラスコに入れ、エーテル70mlを加え、還流冷却器を付け、水浴上で4時間穏やかに煮沸し、放冷後、ろ過した。フラスコ及び残留物をろ液が100mlになるまでエーテルで洗った。ろ液50mlをホットプレート上で蒸発乾固し、デシケーター(シリカゲル)中で24時間乾燥し、その重量を精密に量り、2を乗じてエー

テルエキスの量とし、エキス含量(%)を算出した。

5. まとめ

訓子府町農協、薬草乾燥工場の新工場建設にともない、新旧の工場の調査を行なった。

その結果

- (1) 新工場は原料の前処理工程での洗浄が良くなり、工場内の環境改善がなされた。
- (2) センキュウの様な形状の試料は裁断機によりサイズを揃えることが困難であり、ブランチャーの機能をシステムの的に考える必要がある。
- (3) サイズが不揃いなため、ブランチングにより内部品温が所定の温度まで昇温されない物がある。
- (4) 乾燥工程は旧工場に比べ飛躍的に効率の良い状態で運転されており、乾燥物も良質な製品に仕上がっていることが分かった。

これまで、センキュウの工場内での調製加工は経験的な五感により行なわれて来たが、今回の調査研究によりその問題点が幾つか明かとなり、品質管理、省エネルギー、作業環境などある程度の改善がなされた。今後さらに工程の改善を図り、センキュウの品質向上と省エネルギー化を進めていくことが望まれる。

謝 辞

本調査研究を行うにあたり、ご便宜を図って戴きました訓子府町農協柴田憲課長、森豊司主任、ならびに工場の皆様に対しここに記し、謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 本間尚次郎他著「北海道の薬用植物」北海道衛生部、1980
- 2) 北海道農政部編「特用作物に関する資料」1991
- 3) 木島正夫他編「薬用植物大辞典」広川書店、1977
井波一雄著「薬草」山と溪谷社、1990
- 4) 尾谷賢ら、北海道立工業試験場報告、No.290、1991
- 5) 金島弘恭ら、北海道産生薬の規格に関する報告書(第3報)、p.10、北海道保健環境部、北海道立衛生研究所薬学部、1990