the leaf. And the longer the period of brewing, the more the extracted soluble substances.

The tea infusions grew stronger liquors by hotter and longer brewing, but the liquor

of low grade tea became duller in colour.

As the results of these experiments, the suitable brewing conditions were supposed to be about 90°C.: 5 minutes or 100°C.: 2~3 minutes.
(Oct. 31,) 959

茶葉水分の測定について*

農林省東海近畿農業試験場茶葉部 久保田 濃・滝 谷 洋

Moisture Measurement of Tea-Leaves

By Atsushi KUBOTA and Hiroshi TAKIYA

1 ま え が き

茶の製造、その他各種の試験を行なうにあたり、茶葉の水分を測定する機会は非常に多く、その測定値が試験結果に及ぼす影響は大きい。さらに茶が加工される過程においても、水分の存在は重要な役割を果しているの、加工工程での水分の測定や制御もゆるがせにできない。また、製品にとつて水分はその品質を左右する重要な因子であり、水分がその特性に大きな影響を与える。

以上のように水分の問題は、試験研究、品質管理、あるいは品質検定に欠くべからざる重要な問題である。したがつて、水分を検知しその程度を測定することは、温度の測定同様あるいは、それ以上に重要なことであるにもかかわらず、測定法、測定精度とも研究が遅れている。そこでわれわれは茶葉水分の測定法を改善するための基礎試験として、主として生葉につき、試料の大きさにより含水率の測定値の変異係数がどのように変化するか、乾燥温度が含水率の測定値にどの程度影響するかを試験したので報告する。なおこの試験結果を整理するにあたり、鳥井技官に懇切なるご指導をいただいたことを深く感謝する。

2 水分測定の基準

物質の水分をうんぬんするにはその表示方法がまず問題となる。固体においてはその物質の重量と含有水分の重量との比率が用いられるのが普通で、通常これを含水率と称している。

いま水分を含んだ試料の重量を W_u 、この試料を完全に乾燥したときの重量を W_0 とすると含水量は $W_u - W_0$ であり、含水率は

$$U_w = \frac{W_u - W_0}{W_u} \times 100 (\%)$$

あるいは、

$$U_a = \frac{W_u - W_0}{W_0} \times 100 (\%)$$

で示される。 U_w 、 U_a はそれぞれ湿量基準含水率、乾量基準含水率と呼ばれる。

一般には湿量基準含水率を用いる場合が多いが、木材や織物のように乾量基準含水率を用いている場合もある。式から明らかなように U_w は決して100%を越すことはないが、 U_a は多孔質の物質では数百%に達することもあるので、含水率を論ずるにはそれが U_a を意味するか、 U_w を意味するかを常に念頭におくことが必要である。乾燥によつて湿潤材料の重量は減少するので、湿量による基準は変つてくるが、乾量基準は不変である。したがつて工業的な計算、乾燥機的设计などには後者のほうが便利である。たとえば乾燥前後の含水率を添字1、2で表わせば、乾量基準含水率の差 $U_{a1} - U_{a2}$ を無水重量 W_0 に乗ずることによつて、直ちに乾燥減量が求められるが、湿量基準の場合は前後の含水率 U_{w1} と U_{w2} との間には共通的な関係がないので、これらの計算を行なうにあつてまず乾量基準に換算せねばならぬ。湿量基準含水率⇔乾量基準含水率の換算式は次式を用いる。

$$U_a = \frac{U_w}{1 - U_w}$$

$$U_w = \frac{U_a}{1 + U_a}$$

U_a 、 U_w を知るためには W_u 、 W_0 を知らねばならない。含水率の標準的な測定法としては、初めに W_u を秤量し、次いで試料を定温乾燥器中に入れて水分を蒸発させ、減量が見られなくなつたときの重量を W_0 として測

* 茶葉技術研究 No. 21, 55~59 (1959) より転載

定する方法が採られるが、このような方法を全乾法と呼んでいる。全乾法は水分が常圧下 100°C で蒸発することを利用したものであるが、乾燥温度は茶葉のように 100°C 以下の値を採っている場合もあるが、穀類は 105°C、木材は 100~105°C というように物質によつて多少違つて規定されている。このような試料は普通揮発成分や酸化しやすい物質を含んでいるため、重量減少は水分の蒸発以外によつても起るからであつて、温度を上げれば揮発や酸化が増して含水率は高目に表示され温度を下げれば水分が蒸発しきれず含水率は低目に表示される結果となる。場合によつては温度 5°C の違いによる誤差は U_a 換算で数%にも達することがあるので無視できないが、便宜上、一定温度で蒸発したものをすべて水分と見なしているわけである。したがつて、標準含水率の測定にはてんびんの精度とともに、定温器内の温度分布と温度調節精度が問題となる。また乾燥時間については同一材料でも個々の乾燥速度にはかなり差異があり、また試料の量も必ずしも一定にできない場合が多く、普通単に「減量を見なくなつたとき」と定めてあるが、この意味は重量減少が表示精度、あるいは測定精度に比し無視し得る状態となつたときを指している。

3 実験方法および結果

3.1 定温器内の温度分布

乾燥温度と含水率との関係を試験する予備試験を兼ね、かきまぜ翼のない普通の定温乾燥器の器内温度分布を調べた。実験に使用した定温器は内径 450×400mm、600W 断続の電熱器を有する上下 2 段のものである。上下各段に敷かれたろ紙の上で、図 1 に示す位置に 0.5mm の銅・コンスタンタン熱電対を立てて温度を測定した。器内温度の調節は $\frac{1}{10}$ 目盛の水銀温度計を × 印の個所に、水銀球がろ紙に接するように差し込み、95°C になるよう調節した。温度分布を表 1 に示す。

図 1 熱電対の位置 (× 印 水銀温度計)

上 段			下 段		
•7	•4	•1	•7	•4	•1
•8	•5	×2	•8	•5	•2
•9	•6	•3	•9	•6	•3
取 出 口			取 出 口		

表 1 温 度 分 布

位 置	1	2	3	4	5	6	7	8	9
上 段	93	96	89	87	94	91	90	85	82
下 段	135	133	116	128	129	116	118	116	108

3.2 温度と含水率

表 1 に見るごとく、定温器内の温度分布は非常にバラツキが大きい。したがつて温度差によつて含水率の表示にどの程度の差が現われるかを試験した。1958年二番茶の在来種手摘葉を用い、試料含水率を均一化するため乳ばちですりつぶし、一定量をはかりびんに採り、試料の中心部に銅・コンスタンタンの熱電対を差し込み茶温を測定し、試料が恒量に達するまで乾燥し、茶温と含水率との関係を求めた。なお、試料の位置は図 1 の上段は 2, 4, 7, 9 下段は 7, 9 の 6 カ所とし、実験は反覆して行なつた。結果を図 2 に示す。

図 2 茶 温 と 含 水 率

表 2 回 帰 分 析

要 因	6 月 12 日				6 月 21 日			
	自由 度	偏 差 平方和	平 均 平方和	F	自由 度	偏 差 平方和	平 均 平方和	F
全 体	5	57.43			5	51.54		
回 帰	1	42.33	42.33	11.22**	1	47.45	47.45	46.12**
残 差	4	15.10	3.77		4	4.09	1.02	

次に回帰検定を行なうと表 2 のごとくなり、温度の含水率に対する回帰は有意であり、これに回帰直線を当てはめると、

$$y = 0.1988x + 256.3 \cdots \cdots \cdots 6 \text{ 月 } 12 \text{ 日}$$

$$y = 0.2248x + 236.3 \cdots \cdots \cdots 6 \text{ 月 } 21 \text{ 日}$$

なる直線が与えられ、乾燥温度 10°C 差で含水率に約 2% の差があつた。

3. 3 試料の量と含水率のバラツキ

われわれが生葉の含水率を測定する場合、含水率の測定値に大きなバラツキがあるのが常である。このバラツキを少なくするにはどの程度の試料の量が必要であるかを熱風循環式乾燥器(図 3)を用いて試験した。器内温度を 95°C としたときの温度分布を、図 4 のごとく上下 6 点に銅・コンスタンタンの熱電対を置き測定した。温度計は水銀温度計を用い、水銀球が下段の紙の上方約 10 mm に位置するよう上段を貫通して置いた。結果は表 3 に示すごとく温度はほぼ均一であつた。

図 3 定温乾燥器

A 水銀温度計
M 单相電動機
H 電 熱

図 4 熱電対の位置 (×印 水銀温度計)

取 出 口

取 出 口

表 3 温 度 分 布

位 置	1	2	3	4	5	6
温 度	92	92	92.5	93	92	91.5

試料は 1958 年二番茶のはさみ摘生葉・同粗揉葉・同揉ねん葉・三番茶のはさみ摘生葉を用い、二番茶生葉については 3 回、粗揉葉・揉ねん葉・三番茶生葉はそれぞれ 1 回、1959 年一番茶のはさみ摘生葉・同粗揉葉・同揉ねん葉をそれぞれ 3 回ずつ行なつた。試料は生葉の場合は、生葉かごに入っている約 4 kg の中から、粗揉・揉ねん葉はそれぞれ機械から取り出したものを、感量 0.1 g の上皿でてんびんでランダムに 3, 6, 10, 20, 30 g を採り、はかりびんと約 1.2 g のパラフィン紙の袋(180×120 mm)に入れ、器内温度 95°C で恒量に達するまで乾燥し、びんは感量 1 mg のてんびん、袋は感量 0.1 g の上皿でてんびんで量つた。生葉・粗揉・揉ねん葉の含水率およびその標準偏差、変異係数を表 4, 5, 6 に示す。

表 4 試料重量と含水率 (乾量基準)

種 別 試料 重量	月 日	生 葉							粗 揉 葉				揉 ね ん 葉			
		1958 7. 7	7. 8	7. 9	8. 5	1959 5.10	5.14	5.15	1958 7.10	1959 5.10	5.14	5.15	1958 7.17	1959 5.10	5.14	5.15
3 g		270	386	354	292	273	265	280	147	81.4	64.9	83.6	176	81.4	56.8	80.8
		270	365	334	312	272	264	272	138	71.5	67.4	86.2	175	85.1	59.3	84.9
		290	330	336	301	283	245	273	133	84.5	66.0	86.2	175	81.2	63.5	80.3
		269	373	347	294	274	258	297	137	80.9	65.2	87.8	172	73.6	60.4	85.3
6 g		285	371	342	286	269	248	270	139	77.9	65.0	87.2	176	79.7	59.9	91.2
		270	370	354	279	275	250	257	139	81.8	64.4	80.5	175	82.5	60.0	85.6
		299	366	335	293	335	253	278	131	77.4	67.8	84.1	180	82.1	57.3	82.3
		289	351	341	309	283		282	142	85.8	67.8	86.2	180	84.5	57.4	85.8
10 g		294	360	334	302	269	242	271	140	78.6	63.3	85.0	176	82.2	62.6	80.9
		287	353	329	302	305	255	271	140	76.0	62.6	89.1	176	81.6	60.3	77.6
		280	347	333	297	271	252	271	136	77.4	66.0	86.4	179	81.3	59.9	84.6
		280	360	346	300	278	257	278	142	77.5	62.1	83.2	173	82.6	60.9	81.3
20 g				339	297	278	263	277		76.8	63.7	87.3	173	80.3	60.8	84.0
				346	293	271	234	274		77.2	60.3	86.1	173	81.1	60.2	85.6
				327	287	274	247	281		76.9	64.1	84.0	175	77.6	60.4	85.0
				341	302	269	251	277		60.8	62.4	89.7	174	75.8	60.7	82.0
袋 6 g					297	274	243	300		76.5	66.8	90.5		79.2	62.2	90.5
					295	287	264	287		79.2	64.5	93.6		84.6	60.0	90.5
					283	300	264	287		79.2	64.5	87.5		84.6	58.0	81.9
					285	300	243	287		79.2	69.0	90.5		79.2	58.0	90.5

種 別 試料 重量	月 日	生 葉						粗 揉 葉				揉 ね ん 葉				
		1958 7. 7	7. 8	7. 9	8. 5	1959 5.10	5.14	5.15	1958 7.10	1959 5.10	5.14	5.15	1958 7.17	1959 5.10	5.14	5.15
袋10 g					281	300	256	264		81.8	65.4	88.8		81.8	57.5	83.5
					303	284	256	284		78.6	60.0	85.2		80.4	58.7	85.2
					292	271	244	300		81.8	62.7	88.8		85.3	57.5	83.5
					292	277	270	282		85.0	62.7	85.2		80.3	57.5	85.2
袋20 g		280	350		296	280	251	264	140	81.8	62.6	88.8	180	81.8	61.2	82.6
		270	360		291	278	251	267	140	80.2	61.3	87.8	175	78.5	60.6	82.6
		275	355		297	281	274	264	140	80.2	61.3	87.0	175	80.2	61.8	85.0
		265	370		296	278	248	267	145	78.6	60.0	87.7	175	80.2		84.3
袋30 g				340		275	242	257		79.8	60.8	85.3		80.8	60.5	83.0
				335		273	239	268		78.2	61.8	91.2		79.8	59.7	83.4
				340		264	242	251		79.2	63.6	88.8		79.8	60.5	81.4
				345		275	260	262		83.0	62.6	86.4		77.0	62.2	83.5

表 5 標準偏差 (S) の値

種 別 試料 重量	月 日	生 葉						粗 揉 葉				揉 ね ん 葉				
		1958 7. 7	7. 8	7. 9	8. 5	1959 5.10	5.14	5.15	1958 7.10	1959 5.10	5.14	5.15	1958 8. 5	1959 5.10	5.14	5.15
3 g		10.08	23.94	7.55	9.03	15.70	9.20	11.56	5.91	5.61	1.12	1.78	9.03	4.89	2.77	2.64
6 g		12.04	9.26	7.96	12.84	30.22	2.51	11.02	4.72	3.90	1.81	2.96	12.84	1.96	1.80	3.70
10 g		6.05	6.25	7.32	2.39	36.62	8.96	3.50	2.52	1.07	1.73	2.43	2.39	0.19	1.19	2.86
20 g				8.05	6.34	11.85	11.95	2.87		1.92	1.71	2.42	6.34	2.44	0.03	1.38
袋 6 g					7.09	12.44	12.10	6.50		1.34	1.91	2.49	7.09	3.12	2.00	4.30
袋 10 g						12.52	10.60	14.70		2.61	2.20	2.08		2.34	0.60	0.98
袋 20 g		6.45	9.22		2.50	1.50	12.00	1.73	2.06	1.30	1.06	0.74	2.50	1.34	0.60	1.22
袋 30 g				4.08		5.25	9.60	2.28		2.07	1.16	2.62		1.63	1.10	0.90

表 6 変異係数 (C) % の値

種 別 試料 重量	月 日	生 葉						粗 揉 葉				揉 ね ん 葉				
		1958 7. 7	7. 8	7. 9	8. 5	1959 5.10	5.14	5.15	1958 7.10	1959 5.10	5.14	5.15	1958 8. 5	1959 5.10	5.14	5.15
3 g		3.71	6.58	2.20	3.01	5.84	3.57	4.12	4.25	7.05	1.70	2.06	0.99	6.08	4.61	3.18
6 g		4.21	2.54	2.30	4.40	10.40	1.00	4.05	3.43	4.83	2.73	3.50	1.47	2.38	2.56	4.29
10 g		2.11	1.76	2.18	0.79	5.91	3.56	1.28	1.80	1.38	2.72	2.88	1.39	0.23	1.95	3.52
20 g				2.38	2.15	4.46	4.80	1.04		2.46	2.73	2.78	0.55	3.10	0.49	1.63
袋 6 g					2.44	4.28	4.77	2.23		1.71	2.88	2.76		3.80	3.35	4.86
袋 10 g						4.45	4.13	5.20		3.19	3.50	2.39		2.85	1.03	1.16
袋 20 g		2.36	2.56		0.85	0.54	4.68	0.65	1.46	1.62	1.72	0.84	1.42	1.67	0.98	1.45
袋 30 g				1.20		1.93	3.91	0.88		2.58	1.86	2.97		2.05	1.72	1.08

表 7 分散分析表

種 別		生 葉				粗 揉 葉				揉 ね ん 葉			
要 因		自由 度	偏 差 平方和	平 均 平方和	F	自由 度	偏 差 平方和	平 均 平方和	F	自由 度	偏 差 平方和	平 均 平方和	F
全試料重量 容器 × 実験回数	体重量	71	22747.66			71	7258.54			71	9142.93		
	容器数	2	1006.86	504.30		2	38.94	19.47		2	33.25	16.63	
	実験回数	1	506.68	506.68	3.80	1	14.39	14.39	2.57	1	3.92	3.92	3.35
		2	11397.86	5698.93		2	6786.74	3393.37		2	8707.03	4353.52	
容器 × 試料重量 容器 × 実験回数 試料重量 × 実験回数 容器 × 試料重量 × 実験回数	容器 × 試料重量	2	51.20	25.60		2	2.50	1.25		2	2.84	1.42	
	容器 × 実験回数	2	0.37	0.185		2	26.54	13.27		2	12.86	6.43	
	試料重量 × 実験回数	4	691.81	172.95		4	35.51	8.88		4	171.10	42.77	
	容器 × 試料重量 × 実験回数	4	1900.51	475.12		4	52.23	13.06		4	148.52	37.13	
差		54	7192.37	133.19		54	301.69	5.58		54	63.41	1.17	

表によると試料重量の増すことにより、変異係数は小さくなるような傾向にある。なお標準偏差 S 、変異係数 C (%) の計算式は次式を用いた。

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$C = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 (\%)$$

表 7 に生葉、粗揉葉、揉ねん葉の分散分析を示し、表 8 は試料重量の恒量に達するまでの時間を示す。

表 8 試料の恒量に達するまでの時間

重 量	3 g	6 g	10 g	20 g	袋 6 g	袋 10 g	袋 20 g	袋 30 g
時 間 hr	5	7	12	14	6	6	6	7

4 考 察

以上の結果から生葉の水分を製造試験を行なう前に測定する場合、測定の精度よりサンプリングによるバラツキのほうが大きく、普通はかりびんで 3～5 g の試料を採るよりも、試料の量を多くするほうが変異係数は小さくなり、また表 8 の分散分析の結果から、はかりびんと袋との間には有意差は認められず、限られた茶期に多量の水分を検定する場合は、はかりびんで測定するよりも袋で測定するほうが時間的にも早く、経済的であると思う。

茶葉は揉ねんされることにより、ある程度水分が均一化する傾向にあり、粗揉葉、揉ねん葉などは生葉よりサンプリングのバラツキが非常に少なくなる。しかし生葉と同様、はかりびんを使用する場合は 10 g 以上、袋の場合にも同様に 10 g 以上の試料を採るのがよいと思う。

次に乾燥温度の影響であるが、測定による誤差は非常に少ないので無視し、測定値の誤差 (σ) をサンプリングの誤差 (σ_s) と乾燥温度による誤差 (σ_d) に分けると

$$\sigma = \sigma_s + \sigma_d$$

で与えられ、バラツキの少ない袋 20 g の場合でも $s = 5\%$ ぐらいは避けられない。 σ_s に比し σ_d が $\frac{1}{2}$ ぐらいになるように σ_d を押えれば、温度の誤差は σ にほとんど影響しない。そのためには乾燥温度は $\pm 5^\circ\text{C}$ の範囲に収めたい。しかし揉ねん葉、製品の場合にはサンプリングの誤差が少なくなるから許容乾燥温度はさらに狭めねばならない。たとえば揉ねん葉の σ_s が 2% になるから、乾燥温度が $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内の誤差範囲に保たれないと温度による誤差も考慮しないわけにはゆかなくなる。

5 摘 要

全乾法により茶葉水分を測定する場合、乾燥温度が含

水率の指示に及ぼす影響、サンプルの大きさと測定値の変異係数の関係を調べた。

乾燥温度が高くなるに従つて含水率の標示も直線的に高くなる。その方向係数は 100°C 附近で約 0.2 である。

サンプル量が少ないと測定値のバラツキが非常に大きくなるので 1 個のサンプル量は少なくとも 10 g ぐらいにしたい。

6 参 考 文 献

- 1) 石川 馨：工場におけるサンプリング (丸善) p. 72 (1953)。

Summary

On the moisture measurement of tea leaves, the effect of drying temperature on the observed value of leaf moisture, and the relation between the increment size and the coefficient of variation of moisture level were investigated.

A linear regression was existed between the drying temperature and the observed value of leaf moisture, and its regression coefficient was about 0.2.

When the increment size was small, the observed value of leaf moisture fluctuated in a wide range, so the increment had to be taken more than 10 g.

(Oct. 13, 1959)