



8<sup>va</sup> JIDeTEV  
Investigación y Desarrollo Tecnológico,  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



## Medición y Análisis de Variables de Control de la Etapa de Marchitado de Té Negro

Kolodziej Sebastián Federico <sup>a,\*</sup>, Posluszny Lucio Héctor <sup>a</sup>, Posluszny José Antonio <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: kolodz@fio.unam.edu.ar, poslul@fio.unam.edu.ar, posluj@fio.unam.edu.ar

---

### Resumen

La producción de té negro, es una de las principales actividades industriales de la provincia de Misiones. En su proceso de elaboración, existen distintos factores determinantes que influyen en el producto final y como consecuencia en la competitividad del sector. En el presente trabajo se muestran los resultados de una investigación llevada a cabo en una de las etapas del proceso de elaboración de té negro. El objetivo fue analizar si en una de las etapas del proceso productivo, se cumplen los requisitos necesarios para garantizar la calidad del producto. La etapa seleccionada fue el marchitado, en la cual se llevaron a cabo mediciones de velocidad de aire, temperatura y humedad, a fin de determinar si los valores son los necesarios para garantizar la remoción de humedad que requieren los brotes de té en esta etapa. Mediante las mediciones realizadas en los diferentes puntos se corroboró, que, si bien se tiene una velocidad de aire importante y necesaria para esta etapa, la altura de los brotes que se depositan sobre la cinta imposibilita el paso del aire, de manera que más de la mitad de los brotes no reciben el flujo de aire necesario para eliminar el exceso de humedad y preparar la materia prima para el siguiente proceso.

**Palabras Clave** – Té, Proceso, Marchitado, Variables de control, Velocidad de aire.

## 1. Introducción

La producción de té negro es una de las principales fuentes movilizadoras de la economía dentro de la provincia de Misiones, con una mayor concentración de la cosecha y producción en la región central de la provincia. En esta región, el departamento de Oberá es uno de los más importantes en cuanto al aporte de la producción, debido que en el mismo, según el Instituto Provincial de Estadísticas y Censos [1] se tiene una superficie de 13.300ha de té cultivada, la cual es la mayor dentro de la provincia.

En la última década, con la intención de mejorar la competitividad del sector tealero, desde el gobierno provincial en conjunto con los distintos actores de la cadena productiva e instituciones del medio se han impulsado diversos estudios orientados al diagnóstico de cada uno de los eslabones de la cadena productiva. La cadena productiva está formada por cuatro eslabones definidos como producción primaria, industrialización, tipificación y comercialización. El primero eslabón se asocia con el cultivo de la planta de té (*Camellia sinensis*), la cosecha y transporte del brote de Té desde la plantación hasta la planta industrial (secadero). El segundo eslabón de la cadena productiva está asociado con la industrialización de los brotes de Té, en esta etapa de la cadena se elabora el té negro mediante una serie de operaciones simples que van convirtiendo el brote de té verde en té negro seco. El tercer eslabón también se asocia con la industria, pero en este caso con un proceso de tipificación o clasificación y la formación de los Blending (mezcla de partidas). El cuarto y último eslabón de la cadena se relaciona con las cuestiones referentes a la comercialización, transporte y mercados para el té negro.

En general los documentos e informes publicados, sobre el diagnóstico competitivo de la cadena tealera, se resaltan la existencia de inconvenientes en los procesos de control en la transformación primaria que se produce en la industria conocida en la provincia como secadero de té. En realidad en los documentos e informes de diagnóstico, sólo se mencionan la existencia de problemas de control de los procesos, sin definir cuáles son en realidad. Esto hace suponer que los mismos están asociados con procesos que se ejecutan de manera errónea. En función de esta falencia detectada surge la necesidad de establecer un estado del arte del funcionamiento de la industria tealera (secadero de té).

En este contexto es importante tener en cuenta que en la elaboración del té negro, existen varios factores que influyen en la producción y afectan la calidad del producto final. A priori los factores más importantes están asociados a procesos sin las especificaciones adecuadas e ineficiente uso de recursos, con la consecuente generación de desperdicios de materia prima, tiempo, energía, y recursos involucrados en el proceso, que además de dar como resultado un producto con características alejadas de las condiciones de diseño, generan un costo adicional en el proceso de producción.

Sin lugar a dudas, cada uno de los eslabones de la cadena productiva del té, es responsable de la competitividad total de todo el sector y tiene su influencia en la calidad del producto final. Sin embargo los eslabones del cultivo, cosecha y transporte del brote y el del secado, son los que inician la formación del valor del producto, y están comprometidos con el manejo de la materia prima, la cual debe ser manipulada adecuadamente para conservar sus características de brote tierno y fresco desde el proceso de cosecha y hasta su inicio dentro del proceso de secado. De igual manera dentro de la industria debe existir una adecuada manipulación de la materia prima y de los procesos u operaciones.

En el presente trabajo se plantea como objetivo analizar las condiciones de funcionamiento de una de las etapas del segundo eslabón de la cadena productiva del té, específicamente el sector de marchitado, mediante la medición de los principales parámetros de control, a los efectos de verificar las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el proceso, y si se cumplen los requerimientos para asegurar la calidad del producto de acuerdo a las especificaciones definidas para esta etapa.

### 1.1. Producción de Té Negro

En la industria del té, para obtener té negro se desarrollan operaciones mecánicas combinadas o alternadas con reacciones químicas y enzimáticas que terminan con un proceso de secado. Desde un punto de vista práctico la configuración productiva de los secaderos de té es del tipo continua con una secuencia de operaciones bien definidas por el producto, que son conocidas como: marchitado, enrutado, fermentado y secado. Sin embargo, en la industria regional se tiene las operaciones de: recepción, conservado, marchitado, enrutado, fermentado u oxidación y secado como se muestra en la figura 1. Si bien la elaboración de té negro es un proceso simple, se debe realizar considerando diversos factores que pueden afectar la calidad del producto final.

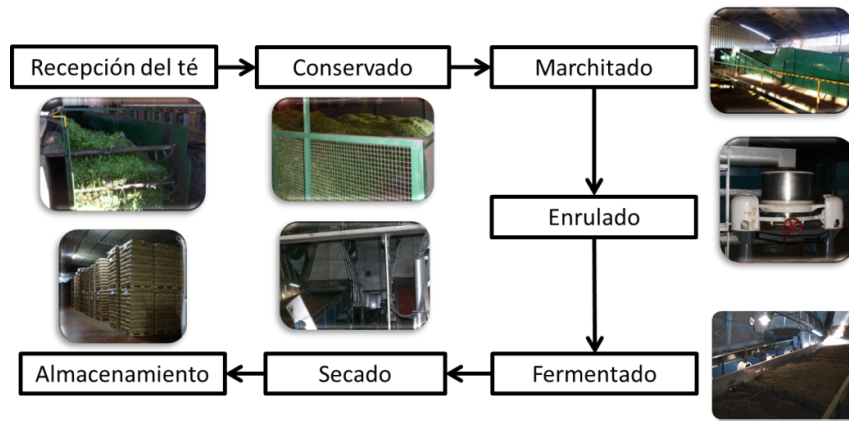


Fig. 1. Diagrama del proceso de secado del Té

Desde el punto de vista del proceso, los brotes de Té que ingresan a la planta industrial deberían ir directamente al proceso de marchitado, sin embargo esto es bastante difícil de lograrlo debido a que los mismos ingresan a la planta por lotes y en horarios discontinuos, por ello y teniendo en cuenta que el proceso se realiza bajo una configuración del tipo continua, en los secaderos de té se incorpora una operación destinada a conservar los brotes de té. En este sector la materia prima (brotes de té) se debe disponer bajo una distribución uniforme en su espesor para asegurar una correcta aireación y mantener los brotes frescos sin que se produzca el ardido de los mismos.

La operación de marchitado tiene por objetivo la deshidratación parcial de los brotes de té. Este proceso se realiza en artesas, tambores, túneles o marchitadoras mecánicas continuas donde la permanencia del brote de té va desde las 12 a las 18 horas dependiendo del tipo de tecnología utilizada. En todos los casos se inyecta aire a temperaturas inferiores a los 36°C.

La operación de enrutado, consiste en torsionar y cortar los brotes de té con la finalidad de romper las células del brote, y así liberar ciertos componentes químicos, los que al tomar contacto entre sí, y con el oxígeno del aire desarrollan las cualidades propias del té negro. En la industria este proceso se realiza mediante maquinas conocidas como enrutadoras de las cuales existen distintos niveles de desarrollo tecnológico.

La fermentación en sí, es un proceso de oxidación debido a la combinación del oxígeno del aire con los componentes enzimáticos del brote de té, confiriéndole las características de sabor y aroma adecuados. Esta operación se suele hacer en artesas (bandejas) o en cintas continuas.

Luego de que se hayan obtenido las características adecuadas de fermentación la materia prima pasa al proceso de secado que tiene por finalidad detener el proceso de fermentado y deshidratar el producto para conservar su calidad. La operación de secado se realiza en hornos de cinta del tipo continuo y a temperaturas inferiores a los 100°C. En el proceso de secado se produce la deshidratación de la materia prima a valores aproximados del 3% al 4% en el producto final.

Las industrias que no cuentan dentro de su proceso con las actividades del cuarto eslabón de la cadena productiva, el té seco elaborado es almacenado a granel a la espera de los procesos de tipificado y elaboración de mezclas para su venta.

### 1.2. *Marchitado*

El marchitado es la primera operación del proceso para la obtención de té seco en rama, y básicamente consiste en la deshidratación parcial del brote de té, es decir que en esta etapa se busca reducir el contenido de agua del brote de té.

Según De Bernardi y Prat Kricun, (2001) [2], la sala de marchitado debe ser diseñada contemplando una buena ventilación, para lograr una buena evacuación de la humedad hacia el exterior de la planta. En cuanto al equipamiento para la operación de marchitado se debe contemplar que el piso de la marchitadora, sean artesas o malla de la cinta debe tener un diseño que permita que el aire inyectado llegue fácilmente a los brotes de té. Además, se recomienda que el espesor de los brotes sobre la artesa o cinta de marchitado oscile entre los 20 a 30 cm para lograr un adecuado proceso de marchitado. El aire que se inyecta debe tener la temperatura del ambiente.

La operación de marchitado tiene por objetivo acondicionar al material para la etapa siguiente que es el enrollado. El nivel de marchitado es aceptable cuando el nivel de deshidratación oscila entre el 65 al 70%, lo cual significa que 100kg de brote verde, se reducen a valores que van desde los 65 a los 70kg de brote marchito. Un marchitado con una humedad superior al 70% va a restar eficiencia en los procesos siguientes llegando a comprometer la calidad en cuanto al aroma y sabor por la pérdida de una gran cantidad de jugos celulares del brote en el proceso de enrollado. Por el otro lado, un marchitado con humedades inferiores al 65% tiene como consecuencia el recalentamiento de los brotes en el proceso de enrollado, lo que provoca que en el proceso de fermentado no se logren los colores dorado o cobrizo característicos de este proceso [2].

La inyección de aire en las cintas de marchitado se realiza mediante ventiladores. Generalmente cada módulo en que se dividen las cintas cuenta con dos o tres de dichos ventiladores. En la figura 2 se muestra un esquema del funcionamiento de la etapa de marchitado.

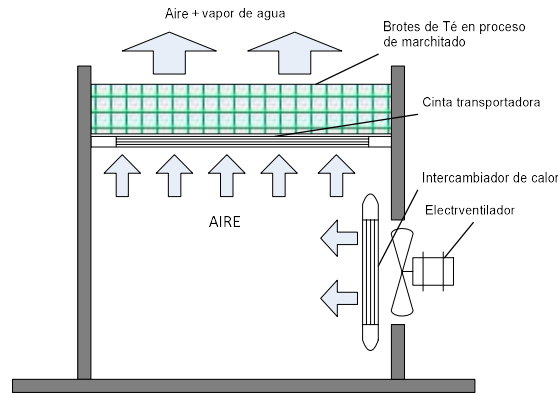


Fig. 2. Vista transversal de las cintas de marchitado

El contenido de humedad de un sólido puede eliminarse mediante la evaporación y eliminación por el secado térmico, empleando una corriente gaseosa de circulación forzada o no. De hecho, la eliminación de la humedad de un elemento es una operación de transferencia de masa de contacto aire - sólido, donde la humedad de este último se transfiere por evaporación a la fase gaseosa, en base a la diferencia de presión de vapor del sólido y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Si ambas presiones se igualan se detiene el proceso de evaporación. En el proceso de secado, en su fase inicial, la evaporación de la humedad se produce por convección donde el calor necesario se transmite al sólido húmedo, mediante un agente gaseoso que pasa por encima o bien atraviesa al mismo. La convección, que es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el gas adyacente que está en movimiento, tiene que ver con los efectos de conducción y movimiento del fluido, en el cual mientras más rápido sea este, mayor será la transferencia de calor que se establece, por lo tanto, la velocidad y turbulencia es un factor importante en el análisis del proceso de evaporación de la humedad de un sólido [3].

## 2. Metodología

Para llevar a cabo el ensayo que se propone se seleccionó un secadero de la zona de Oberá, que cuenta con un sistema de marchitado de acuerdo a los requisitos antes descriptos y que además presenta buena predisposición al momento de permitir el ingreso para realizar mediciones y pruebas.

La cinta de marchitado del secadero seleccionado se compone de cuatro módulos de semejante longitud, totalizando 43 metros de largo y 5,7 metros de ancho.

Las variables a ser evaluadas son, principalmente la velocidad de aire y adicionalmente la temperatura y la humedad. Estos valores son tomados a distintas alturas de la capa de té distribuida sobre la cinta. La velocidad del aire se registró a distintas alturas, partiendo de la posición sobre la cinta, hasta la parte superior de la capa de brotes de té. Además, teniendo en cuenta que los ventiladores se ubican en general en uno de los lados de las cintas (figura 2), se tomaron tres posiciones a lo ancho de la cinta, en proximidad de los ventiladores, en el centro de la cinta y en el extremo opuesto al primero.



**Fig. 3: Registro de velocidad de aire**

Para la medición de los parámetros se utilizó un termoanemómetro modelo TMA40-A con un rango de velocidad de aire de 0.4 a 32 m/s y una precisión de 3%. El mismo equipo también permite registrar humedad y temperatura.

La temperatura se registró adicionalmente con un termómetro Infrarrojo marca testo, Modelo 830-T2 con un rango de medición de -30°C a 400°C y una resolución de 0,1°C.

### 3. Resultados y discusiones

Es frecuente observar en diferentes secaderos de la región, que en el sector de marchitado existen diferencias en cuanto a la temperatura del aire que se inyecta, las longitudes de las cintas transportadoras, el espesor de la capa de brotes sobre la cinta y el tiempo de permanencia del té. En general el tiempo de permanencia varía entre 6 a 18 horas, la longitud de las cintas se encuentra entre los 20 y 40 metros y en algunos se inyecta aire a temperaturas cercanas a los 60°C.

Con respecto al espesor de la capa de té sobre la cinta de marchitado, se recomienda que la misma no sea superior a los 30 cm para asegurar la aireación de la materia prima.

En el secadero visitado la capa del brote supera este valor, llegando hasta los 40 cm.

En uno de los puntos tomados para el análisis, se registraron los valores de velocidad de aire a diferentes alturas, tal como se indica en la tabla 1.

**Tabla 1: Valores de velocidad de aire a diferentes alturas de la capa de té**

Distancia de cinta (cm)	Velocidad (m/seg)
0	5,5
8	1,7
12	1,2
17	1
21	0,8
22	0
32	0

Después de los 25 cm aproximadamente el instrumento ya no registra movimiento de aire. En función de este primer ensayo se seleccionaron otros puntos de medición, tres puntos sobre cada módulo de la cinta de marchitado y tres alturas diferentes, con la distribución que se muestra en la figura 3.

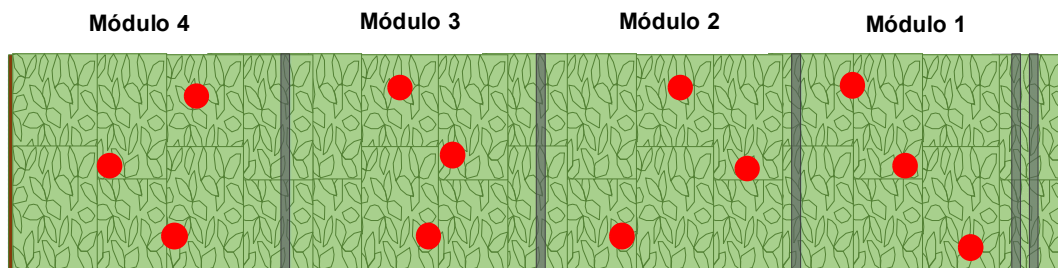


Fig. 4: Distribución de los puntos de toma de muestra sobre la cinta de marchitado

Los valores registrados promediados para los 12 puntos se muestran para las tres alturas medidas en la tabla 2.

Tabla 2: Valores promedio de velocidad de aire para la cinta de marchitado.

Distancia de cinta (cm)	Velocidad (m/seg)
0	6
12	1,2
22	0,7

Los resultados demuestran importantes diferencias de velocidad según la altura de la capa de té. En principio debe destacarse que el espesor del té sobre la cinta de marchitado, como se mencionó anteriormente era de 40 cm, siendo que el aire penetra hasta la mitad aproximadamente, es decir que casi un 50% del brote de té, no recibe el aire necesario para la extracción de humedad del brote.

Un gran porcentaje del aire que es impulsado por los ventiladores se escapa por los espacios que separan los módulos entre sí. En estos espacios, donde se pasa el brote de té de un módulo a otro, existe un sistema de paletas que remueven el té con el objetivo de cambiar la posición de las hojas a lo largo del recorrido.

Con respecto a los valores de temperatura y humedad, los mismos tenían valores de entre 30 y 34°C para temperatura y 70 a 73% de humedad, destacando que son valores medidos sobre la cinta de marchitado y que no necesariamente corresponden a los que tienen los brotes depositados sobre las mismas.

#### 4. Conclusiones.

El estudio llevado a cabo permitió comprobar si en el proceso de marchitado se tienen los valores necesarios de parámetros para garantizar la calidad del producto.

La velocidad del aire, si bien es elevada sobre la cinta, la altura de la capa de té impide que la misma llegue a los brotes que se encuentran en la parte superior.

Una buena parte del brote no pierde la humedad necesaria para garantizar su calidad. Esta situación, si bien se corrige en etapas posteriores (secado por ejemplo), demanda un mayor consumo de energía, en primera instancia en las cintas de marchitado, ya que los ventiladores

funcionan sin cumplir su objetivo totalmente, y en segunda instancia en las etapas posteriores, principalmente secado, que requerirá mayor cantidad de calor para sacar la humedad del brote.

## **Referencias**

- [1] Instituto Provincial de Estadísticas y Censos. Gran Atlas de Misiones. Posadas Misiones. IPEC. Argentina. 2012.
- [2] De Bernardi Luis Alberto; Prat Kricun Sergio Dante. Cadena alimentaria del té “Camellia Sinensis”. Diagnóstico de la región tealera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 2001.
- [3] Yunus A. Cengel y Michael A. Boles. Termodinámica. Mc Graw-Hill, 2011.