

LA CONDENSACION DEL VAPOR DE AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

En la Industria Alimentaria en general y en la Industria Frigorífica en particular el manejo del aire en las zonas de producción de un establecimiento presenta situaciones que generan dificultades desde el punto de vista sanitario y tecnológico.

En determinadas condiciones ambientales y de utilización de los locales se favorece el proceso de condensación de la humedad que el aire contiene.

La mezcla de distintas masas de aire a diferentes temperaturas, por ejemplo cámaras frías con sus puertas abiertas hacia corredores de circulación, la coexistencia en un mismo ambiente de reses o medias reses enfriadas con reses recién faenadas, la apertura de hornos de cocción hacia ambientes a baja temperatura, son algunas de las situaciones que generan fenómenos de condensación.

Se presenta entonces como un desafío el manejo de la condensación de vapor de agua en las instalaciones de establecimientos elaboradores de alimentos en general y en las plantas frigoríficas en particular.

Muros de cámaras cubiertos de gotas de agua en su superficie, cielorrasos en similares condiciones, rieles y superestructura de los mismos que gotean agua sobre las piezas a refrigerar, evaporadores con bandejas y líneas de refrigerante mojadas, son la imagen visible de problemas de condensación que generan dificultades de índole higiénico-sanitaria y tecnológica. Estos problemas han sido y son objeto en forma recurrente, de observaciones de las autoridades sanitarias nacionales y extranjeras y, en varios casos, han sido causa de observaciones severas en varios establecimientos frigoríficos del país que producen con destino a la exportación.

Asimismo se puede observar situaciones similares en corredores de circulación y en salas de proceso, todo lo cual genera condiciones adversas a las buenas prácticas de producción y dificulta lograr condiciones ambientales adecuadas para la elaboración de alimentos.

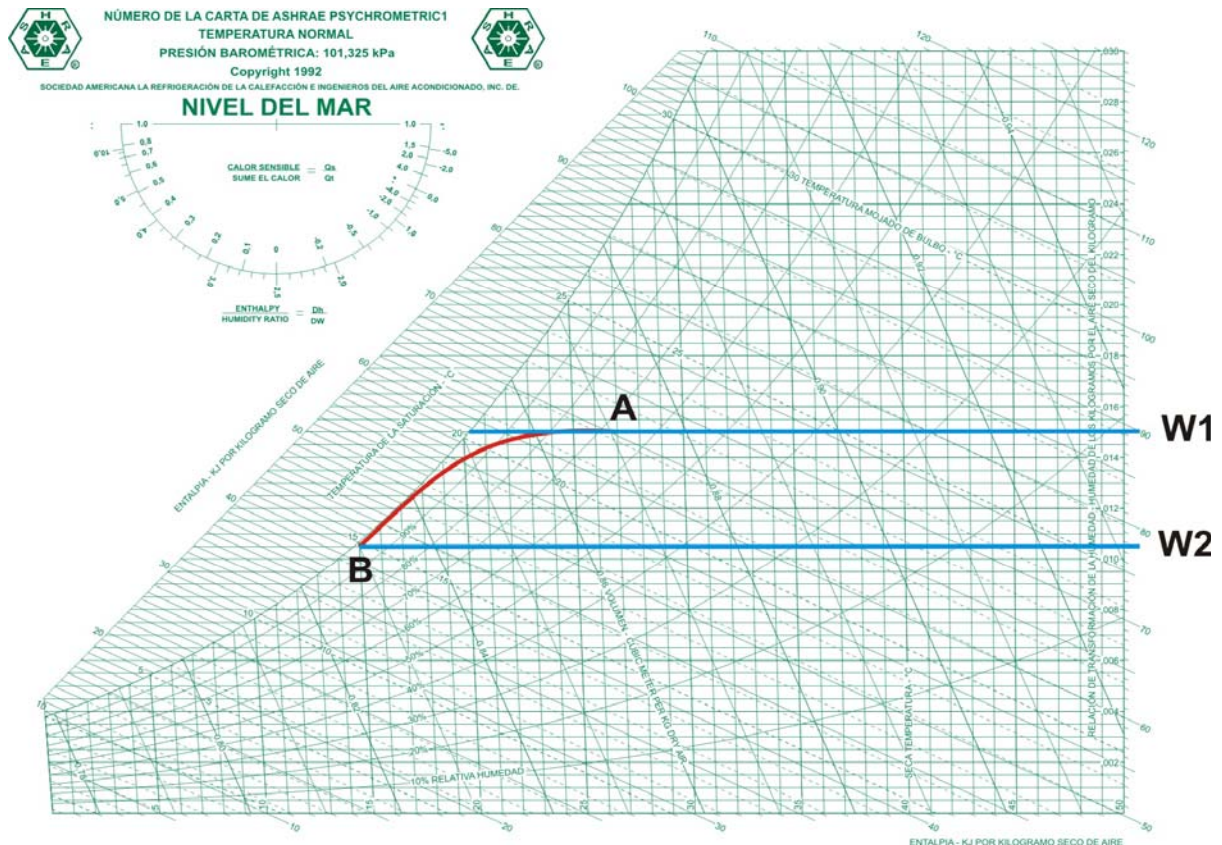
El proceso ha sido representado desde el punto de vista físico en los esquemas y texto que se encuentran en el anexo de este trabajo; el aire con un elevado contenido de humedad y a determinada temperatura se enfría al tomar contacto con superficies frías, y como consecuencia de ello se condensa sobre las mismas una parte del vapor de agua contenido en ese aire.

Este es un proceso que se visualiza en diferentes situaciones de la vida diaria, espejos empañados, botellas que contienen líquidos a baja temperatura que en contacto con el aire del ambiente se cubren de gotas de agua líquida.

En los ámbitos industriales se presentan diferentes situaciones que conducen a la condensación del vapor de agua que el aire contiene sobre determinadas superficies o en el propio ambiente generando niebla.

En consecuencia se hace necesario lograr configuraciones de los establecimientos en los que se pueda diferenciar áreas de alta temperatura y elevado contenido de humedad del aire, de aquellos sectores en los que la temperatura ambiente sea menor, de manera de reducir la posibilidad de que las corrientes de aire caldeado y húmedo tome contacto con los locales e instalaciones que se encuentren a menor temperatura.

A su vez el uso de dispositivos que posibiliten reducir el contenido de humedad del aire integra el conjunto de elementos que contribuyen a controlar la condensación de vapor de agua en los establecimientos.



Proceso de enfriamiento y deshumidificación

De la observación del diagrama anterior se concluye cuál es uno de los mecanismos por el que se logra "secar" el aire, es decir quitar parte del vapor de agua contenido y de esta manera evitar que se produzca condensación del vapor de agua sobre superficies y productos.

El trazo rojo representa en forma esquemática el proceso de enfriamiento y deshumidificación; se observa que en la condición A el aire posee $W1$ Kg. de agua por Kg. de aire seco, en tanto que en la condición B el aire posee $W2$ Kg. de agua por Kg. de aire seco. Por tanto en el proceso A-B el aire perdió $(W1 - W2)$ Kg. de vapor de agua.

El uso de este recurso técnico implica la instalación de deshumidificadores en las zonas críticas, es decir utilizar "baterías frías" por las que se hace circular el aire, de manera de reducir su contenido de humedad y controlar así la condensación sobre muros, estructuras metálicas y productos.

Estos equipos funcionan utilizando parte de la potencia frigorífica disponible en el establecimiento, cuidando de que la temperatura de la superficie fría no se sitúe por debajo de 0°C , porque de lo contrario se formaría escarcha sobre esa superficie, descendiendo la capacidad de transferencia de calor y restringiendo el gasto de aire a través de esa superficie.

Condensación y “merma” del producto

Un aspecto que tiene especial relevancia es el fenómeno de la condensación en cámaras de enfriado, en estrecha vinculación con las mermas que se producen durante el proceso de enfriado y maduración de reses faenadas.

En efecto, en la etapa del lavado de una media res bovina, ésta carga en su superficie entre 1,5 y 2 Kg. de agua. En la medida que la temperatura de la pieza se eleva hasta los 38-40°C por efecto del sacrificio, se produce la evaporación del agua superficial a expensas del calor que esa media res posee en función de su masa, calor específico y temperatura.

El vapor de agua en contacto con el aire frío de la cámara, producirá niebla y condensación sobre todas las superficies frías, a menos que se logre condensar la totalidad de ese vapor de agua sobre la superficie de los evaporadores.

Esto supone que se disponga de una superficie de evaporación importante (una gran superficie de transferencia de calor), un caudal de aire elevado circulando a través de esa superficie, y una temperatura de la superficie de tubos y aletas del evaporador cercano a 0 °C, de manera de lograr condensar el vapor de agua sin que se produzca escarcha sobre tubos y aletas.

La formación de escarcha sobre tubos y aletas, sobre todo esa escarcha que se ve “esponjosa” (hielo + aire) reduce en mucho la capacidad de transmisión de calor desde el aire hacia aletas y tubos y además obstruye la superficie de pasaje del aire, con lo que se reduce la capacidad de absorción de calor y humedad.

Si se logra disponer de una importante superficie de evaporación, una temperatura de evaporación cercana a los 0 °C y una importante circulación de aire en cada cámara, se puede controlar la condensación dentro de ella y, además se puede lograr evaporar el agua depositada sobre la superficie de la media res, con lo que se produce el enfriamiento evaporativo de esa superficie, su secado y sellado evitando así la transferencia de agua libre de constitución de la masa muscular y por lo tanto controlar la merma durante el enfriado.

ALGUNAS MEDIDAS A TOMAR PARA MINIMIZAR LOS PROBLEMAS DE CONDENSACION

a. Sector de cámaras de enfriado en establecimientos de faena.

Desde el punto de vista del diseño de la circulación de productos “calientes” y productos “enfriados” hace ya muchos años que se exige que la circulación de reses se diferencie entre sector “caliente” y sector “frío”, vale decir corredores separados físicamente por los que en el primero circulan las reses recién faenadas, mojadas por el lavado al final del proceso de faena y cuya temperatura se ha elevado a 38 - 40 °C por efecto del sacrificio y por otra parte corredores por los que circulan las reses luego del proceso de enfriado y maduración.

Con este diseño se evita la coexistencia en el mismo ambiente de productos calientes y húmedos con productos ya enfriados; el compartir el mismo ámbito físico por ambos provocará sobre los productos fríos la condensación del vapor de agua desprendido de los productos calientes.

A su vez se considera conveniente que en las cámaras de enfriado se disponga de evaporadores con importantes superficies de intercambio de calor, que cubran la mayor parte del frente de ataque, es decir que no deje espacios vacíos, sobre todo en los cabezales de las cámaras de enfriado.

Es recomendable además que se alcancen temperaturas de evaporación no inferiores a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y circulaciones de aire elevadas.

A mero título informativo se señalan valores obtenidos como resultado del ensayo de cámaras frías diseñadas por el Ing. Ind. Haroldo Capurro para un establecimiento de faena:

- superficie de evaporación: $0,042\text{ m}^2$ / Kg. de carne con hueso a refrigerar,
- potencia frigorífica: $3,4\text{ Kcal.}$ / Kg. de carne con hueso a refrigerar,
- circulación de aire: 4 m^3 / h. x Kg. de carne con hueso a refrigerar.

Para este caso, se pudo medir mermas durante el enfriado que tendieron a cero, DT en el evaporador con valores entre $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que posibilitó mantener una humedad relativa elevada en cámara.

Estas condiciones de funcionamiento posibilitaron controlar la condensación en la cámara de enfriado.

En los últimos años, se ha optado en algunos establecimientos por la realización del proceso de enfriado en dos etapas:

- la primera etapa tiene lugar en una cámara de enfriado rápido continua, con una permanencia de entre una hora y media a dos horas, donde la media res de bovino desciende su temperatura de superficie hasta 20°C aproximadamente y evapora el agua de lavado.
- la segunda etapa se realiza en una cámara de nivelación de la temperatura de la media res hasta descender a los $+4^{\circ}\text{C}$ en la masa muscular profunda, pudiéndose cumplir además con los tiempos de maduración exigidos en la actualidad.

Este tipo de instalación requiere que se controle la temperatura de evaporación en cada una de las etapas, y también el manejo de la circulación de aire en la cámara de nivelación, de manera de reducir el gasto de aire a medida que la demanda de potencia frigorífica disminuye.

Con un sistema de enfriado como el descrito se logran dos objetivos importantes:

- controlar las mermas durante el enfriado
- controlar la condensación en las cámaras de enfriado.

Se considera además que se deben observar buenas prácticas de uso de las cámaras, que ayudan a controlar la condensación.

Nos referimos a:

1. Evitar dejar puertas abiertas innecesariamente, adoptando prácticas de carga en grupos de medias reses y no en forma unitaria. Dejar las puertas de cámara abiertas hacia el corredor caliente implica permitir el ingreso de aire caldeado y con un elevado contenido de humedad, lo que fatalmente provocará que el vapor de agua condense sobre todas las superficies frías,
2. Cargar tres medias reses bovinas por metro de riel. No es esta una norma reglamentaria solamente, es una necesidad del punto de vista del funcionamiento de la cámara por cuanto una mayor densidad de carga dificulta la circulación de aire entre las medias reses, cambia las condiciones de diseño (incrementa la carga térmica) y genera

manchas sobre las superficies de las piezas que quedan en contacto entre sí.

3. Dimensionar las cámaras de enfriado de tal forma de alojar un número limitado de reses (no más de una y media a dos horas de faena) para evitar una notoria diferencia de proceso entre la primera media res ingresada y la última.

b. Sector de salas de cuarteo en establecimientos de faena.

Esta es un área de trabajo en la que se opera con medias reses ya enfriadas, por lo que es conveniente controlar la temperatura ambiente de manera de que no se incremente la temperatura del producto.

Es aconsejable mantener una temperatura similar a una sala de desosado, lo que posibilita además evitar la condensación de humedad sobre el producto, sobre los muros y sobre las instalaciones.

c. Salas de desosado.

Para las salas de desosado se ha estipulado que la temperatura ambiente no debe sobrepasar los 10 °C y, a su vez no debe ser inferior a los 8 °C, dado que a esa temperatura se produce el goteo de nariz del personal que se desempeña en la sala.

Normalmente para esas condiciones de temperatura ambiente la condensación se encuentra controlada, máxime que las tareas de desosado se producen en condiciones de baja humedad relativa.

Un capítulo especial se tiene en las salas de empaque con máquinas de vacío, dado que luego del envasado se realiza la termo contracción de las bolsas aplicando agua caliente al envase; los equipos modernos poseen campanas de extracción de vapor de agua. Si se utilizan equipos de termo contracción que no poseen esta facilidad, es necesario instalar una campana de extracción para el vapor de agua que se genera para cada equipo.

d. Cámaras de productos congelados

La condensación del vapor de agua en ambientes refrigerados no ocurre solo en las cámaras de enfriado, también se produce en las cámaras de congelado y se evidencia en la acumulación de hielo, nieve y escarcha sobre pisos, muros, cielorrasos, evaporadores y la propia mercadería.

Como en las otras cámaras, es fundamental evitar la apertura innecesaria de puertas o mantener las mismas abiertas; el uso de cortinas de bandas de PVC, la construcción de esclusas en los puntos de ingreso (una suerte de espacio delimitado por laterales, chapas metálicas por ejemplo, con cortinas de PVC en ambos extremos y un cielorraso preferentemente continuo) contribuyen a evitar el ingreso de aire desde el corredor de cámaras y cargado de humedad.

Esa humedad es la que se habrá de depositar formando la escarcha mencionada.

e. Salas de procesamiento de alimentos.

Las salas de procesamiento de alimentos, como por ejemplo las salas de elaboración de la industria del chacinado, de platos preparados, de elaboración de hamburguesas, etc. requieren condiciones ambientales similares a una sala de desosado, si bien se puede admitir una temperatura máxima de 15 °C.

Es necesario entonces poder controlar los eventuales procesos de condensación de vapores, sobre todo en aquellos casos en los que las

puertas de los equipos de cocción se abren directamente a la sala de elaboración.

Se considera más adecuado que, al momento de diseñar plantas en las que se realizan procesos de cocción, además de contar con equipos de extracción de vapor, no se produzca la apertura de los hornos directamente a locales cuya temperatura ambiente sea menor.

Se ha mencionado la necesidad del control de la temperatura ambiente en los diferentes locales de proceso, en los que se desarrollan diferentes tareas por el personal del establecimiento, así como la necesidad de instalar deshumidificadores del aire.

Por ello se debe tener en cuenta -a la hora de instalar "baterías frías" para el control de la temperatura ambiente y de la condensación- lo establecido en la norma UNIT 681/83 en cuanto al refrigerante a utilizar.

En general los establecimientos de faena en el Uruguay utilizan amoníaco como refrigerante, dado que es una sustancia que no afecta el ambiente, es altamente eficiente como refrigerante y posee propiedades que lo hacen apto para ser utilizado en Refrigeración Industrial.

Sin embargo, no se admite su uso como refrigerante primario en locales con un índice de ocupación que supere una persona por cada 10 m² de superficie, lo que obliga a que se utilicen sistemas con refrigerantes secundarios, como puede ser agua con el agregado de etilenglicol.

Estos sistemas denominados indirectos, si bien representan un costo adicional, brindan seguridad al personal y disminuyen el riesgo de accidentes laborales, de los que la Empresa propietaria del establecimiento es responsable.

En síntesis, se han mencionado en este trabajo un conjunto de consideraciones relacionadas con el manejo de las condiciones ambientales en establecimientos de la Industria Alimentaria; es necesario establecer que estas consideraciones tienen un carácter general y que la solución adecuada debe ser estudiada en cada caso.

Gregorio Dassatti
A.S.H.R.A.E. Member
i.i.a.r. Member