افزایش راندمان سرمایش هوا در مرغداری ها با سرمایش مرکب (٦٢٦)

عبدالعلی فرزاد[1] ، مهدی خجسته پور[2]

چکیده

گرمای زیاد اثر منفی روی رشد مرغ های گوشتی و تخمگذاری مرغ های تخمی دارد. در برخی از شرایط آب و هوایی، بوسیلهٔ افزایش دبی هوای تعویضی یا افزایش سرعت تعویض هوا می توان از افزایش دما در داخل سالن مرغداری جلوگیری کرد. وقتی این روش ها مؤثر نباشند، باید شیوه های دیگری به کار گرفته شود. تا کنون، کولرهای تبخیری وسایل مناسبی برای کاهش دما شناخته شده اند ولی وقتی هوای بیرون از حد معینی تجاوز نماید این وسایل نیز کارآیی خود را از دست می دهند. در این مقاله، روش ارزان و ساده ای برای خنک کاری هوای بیرون قبل از ورود به سالن توضیح داده شده و راندمان کولر های تبخیری مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این طریقه از مبدل های حرارتی، که توسط آب چاه کار می کند، استفاده گردیده است.

کلیدواژه: سرمایش تبخیری، کولرهای پوشال دار، سرمایش مرغداری ها

۱- استادیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، پست الکترونیک: a.farzad@ferdowsi.um.ac.ir
۲- استادیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

فهرست نمادها:

A- مساحت سطح تبادل گرما بین آب و هوا

a_1- جرم هوای خشک ورودی به کولر

i_1, i_2- آنتالپی هوای ورودی و خروجی

Q- گرمای مبادله شده بین آب و هوا

RH- رطوبت نسبی هوا

T_S- دمای اشباع هوا در فرایند سرمایش آدیاباتیک

W_1, W_2- جرم آب ورودی و خروجی کولر

T_{W1}, T_{W2}- دمای آب ورودی و خروجی کولر

T_{WB1}, T_{DB1}- دمای حباب تر و حباب خشک هوای ورودی

T_{WB2}, T_{DB2}- دمای حباب تر و حباب خشک هوای خروجی

Y_1', Y_2'- رطوبت مطلق هوای ورودی و خروجی

α- ضریب تبادل گرما بین آب و هوا

λ- گرمای نهان آب در دمای T_S

۱- مقدمه

دما و رطوبت نسبی مناسب برای داخل سالن های مرغداری را در مراجع متعددی، از جمله کتاب های درسی می توان یافت [۱، ۲، ۳، ۴]. اکثر نقاط ایران در تابستان دارای دمای بیش از دمای مناسب و رطوبت نسبی کمتر از حد لازم برای مرغداری ها می باشد، که باید به شیوه هائی تعدیل یابند. استفاده از کولرهای تبخیری برای اینگونه مناطق راه حل مناسبی می باشد، که ضمن کاهش دمای هوا باعث افزایش رطوبت نسبی آن نیز می گردد، ولی هنگامی که هوای بیرون از حدود 40 °C تجاوز نماید کاهش دما آنقدر نیست که هوای خروجی برای فعالیت انسان یا زندگی دام و طیور مطلوب باشد. بدین دلیل، کارآیی این وسایل محدود می گردد. بدین منظور، روشی ارزان و ساده برای کاهش دمای ورودی به سالن ها پیشنهاد و مورد آزمایش قرار گرفته است که می تواند جوابگوی این معضل باشد.

استفاده از کولرهای تبخیری در منازل مسکونی و سالن های مرغ اری و همچنین روش های بهینه سازی آن ها در مراجع متعددی ذکر شده است [۵، ۶، ۷]. روش کاهش دمای هوا قبل از ورود به سالن توسط فرزاد [۸] و نظری باغ [۹] تشریح گردیده و ثابت شده است که به وسیلهٔ کولرهای تبخیری در دمای هوای ورودی T_1=40 °C ورطوبت نسبی RH_1=22.4% دربهترین حالت می توان به دمای T_2=29 °C و رطوبت نسبی RH_2=45% دست یافت. این دما هنوز بالاتر از دمای مناسب مرغداری ها است. اگر، ابتدا بتوان دمای هوای ورودی را به وسیله ای، از دمای 40 °C، حتی بدون جذب رطوبت، به اندازهٔ 12 °C سرد کنیم و سپس آن را از کولر تبخیری عبور دهیم به دمای 22 °C و رطوبت نسبی 72% دست پیدا می کنیم، که این دما در طیف دمایی مطلوب و قابل تحمل برای رشد و بهره دهی مرغ می باشد.

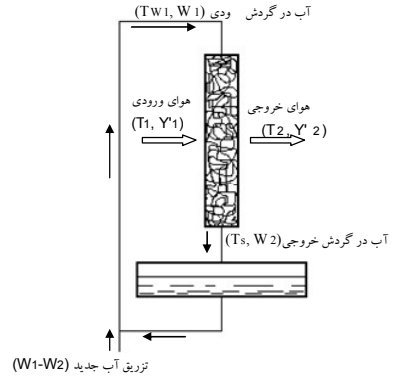
در جدول ۱ بیشینه دمای روزانه و در صد رطوبت نسبی چند شهر استان خراسان رضوی طی ماههای گرم سال، با استفاده از سالنامه هواشناسی، آورده شده است، که در آن اعداد داخل پرانتزها رطوبت نسبی برحسب درصد می باشند.

جدول ۱ میانگین بیشینه دمای روزانه و درصد رطوبت نسبی (اعداد داخل پرانتزها درصد رطوبت نسبی می باشند)

شهر میانگین دما و رطوبت درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا در ماههای تابستان

نسبی در طول تابستان°C	Jun	July	August	September
مشهد	39.55(35.10%)	39.8(34)	37.9(33.3)	38.5(32)	42(42)
گناباد	39.4(22.40%)	41.1(23)	39.6(22.5)	40.25(21)	36.8(23.25)
تربت جام	39.25(23.45%)	40.6(22.6)	37.4(25.6)	37.8(21.3)	41.2(24.3)

چنانکه ملاحظه می شود، این درجه حرارت ها بسیار بالاتر از طیف دمایی قابل تحمل برای طیور می باشند. با توجه به داده های جدول فوق، دمایی مثل 42 °C از بیشینه دمای مناسب طیور یعنی 25 °C به میزان 17 °C بالاتر است و این اختلاف دما اثرات سوء بر رشد و بهره دهی در واحدهای مرغداری دارد.



شکل 1- اصول کار کولرهاي آبي (ايده آل آديباتيك)

۲- معادلات اساسی

اساس کار یک کولر آبی در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان سرمای تولید شده از موازنه جرم و حرارت به دست می آید. هوا به مقدار a_1 کیلوگرم با رطوبت نسبی Y_1' (کیلوگرم هوای خشک/کیلوگرم آب به صورت رطوبت) و دمای T_{WB1} و T_{DB1} وارد پوشال می شود. از W_1 کیلوگرم آب وارد شده به پوشال در دمای T_{W1} به مقدار (W_1-W_2) کیلوگرم تبخیر شده و همراه هوای خروجی باعث افزایش رطوبت هوا به مقدار Y_2' و دمای T_{WB2} و T_{DB2} می گردد. آب خارج شده از کولر در مخزنی جمع آوری شده و دوباره به پوشال ها پمپاژ می شود. مقداری آب جدید، از طریق لوله ورودی، به میزان آب تبخیر شده به سیکل تزریق می گردد.

در حالت کار پایدار و ایده آل، به فرض این که تماس کامل بین آب و هوا در داخل کولر فراهم باشد، هوا با هر رطوبتی ارد شود، به حالت اشباع از کولر خارج خواهد شد. دمای هوای خروجی دمای اشباع آدیاباتیک T_S خواهد بود. مثلاً اگر هوا با رطوبت 30٪ (هوا/kgآب kg) در دمای °C 45 وارد شود، با مراجعه به چارت های سایکرومتری، باید از کولر با دمای °C 31.5 خارج شود. مقدار آب تبخیر شده در این فرایند برابر ت با:

$$W_1-W_2 = 0.070 - 0.030 = 0.04 \text{ kg/kg}$$

دمای آب خروجی از کولر نیز همان دمای اشباع، یعنی °C 31.5 خواهد بود.

در این جا فرض گردیده است که آب با همان دمای اشباع °C 31.5 وارد کولر شود. در اکثر مواقع، مقدار آب تزریق شده جدید، نسبت به آب کل سیکل، آن قدر کم است که اختلاف دمای آب جدید تأثیر قابل ملاحظه ای در دمای آب مخزن ندارد.

اگر رطوبت هوا تغییر نکند، ولی دمای هوای ورودی افزایش یا کاهش بیابد، هوای خروجی بدون تغییر و با همان دمای T_S خارج خواهد شد، با این تفاوت که مقدار آب تبخیر شده در حالت اول بیشتر و در حالت دوم کمتر خواهد بود. ولی اگر رطوبت هوا افزایش یابد، آب کمتری تبخیر شده و هوا از کولر با دمای گرم تر خارج خواهد شد. جالب توجه است که در رطوبت یاد شده به هیچ عنوان به دمای کمتر از °C 31.5 دست نمی یابیم، مگر آن که به وسیله ای ابتدا رطوبت هوا را کاهش دهیم.

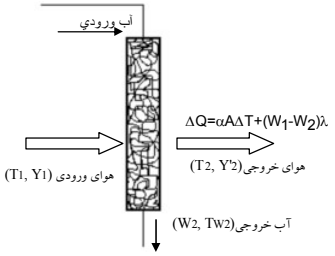
پس، دمای هوای خروجی در حالت سرمایش آدیاباتیک ایده آل، بستگی به رطوبت هوای ورودی دارد. با رطوبت اولیه کمتر، هوای وجی سردتر و با رطوبت اولیه بیشتر هوای گرم تری از کولر خارج خو د شد. به این دلیل است که در مناطق مرطوب کولرهای آبی کارایی ندارند.

در حالت ناپایدار و غیر آدیاباتیک، مطابق شکل ۲، به طوری که آب ورودی با دمایی غیر از دمای اشباع هوا وارد شود، مقدار حرارت انتقال یافته از آب به هوای گذرنده ΔQ (یا برعکس آن) برابر ت با:

$$\Delta Q = \alpha A \Delta T + (W_1 - W_2)\lambda \qquad (1)$$

در این رابطه از انتقال حرارت به آب خروجی صرفنظر شده است. اگر آنتالپی هوای ودی رابه i_1 و آنتالپی هوای خروجی را به i_2 نمایش دهیم با فرض آدیاباتیک بودن فرایند (به دلیل مدت زمان کوتاه تماس هوا با آب خنک کننده) با استفاده از جداول ترمودینامیکی می توان نوشت:

$$\Delta Q = i_2 - i_1 \qquad (2)$$



شکل 2- کولر آبی غیر آدیاباتیک

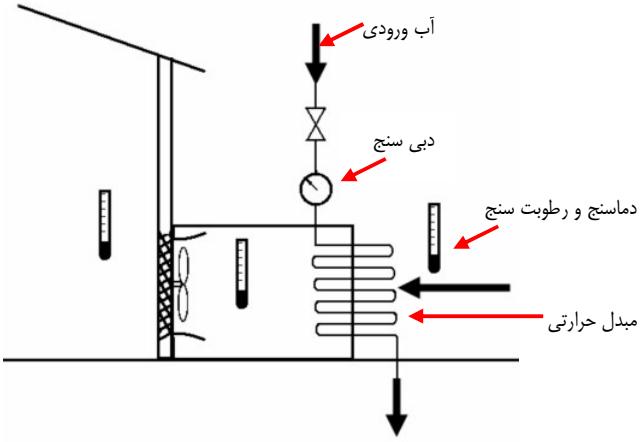
در رابطه (۱) تعیین میزان عبارت $\alpha A \Delta T$ در کولرهای پوشال دار به صورت نظری بسیار مشکل است. زیرا، ضر یب α اصولاً بستگی به سرعت هوای گذرنده و اختلاف دمای بین آب و هوا، و عوامل متعدد دیگر دارد. همچنین، تعیین سطح تماس A آب و هوا در داخل پوشال عملاً غیر ممکن است. بنابراین، از نتایج تجربی استفاده می کنند.

اگر ΔT مثبت باشد، حرارت از آب به هوا منتقل شده و باعث ایجاد سرمای بیشتر خواهد شد. ولی اگر ΔT منفی باشد، چنانکه در برج های خنک کن اتفاق می افتد، آب خنک تر و هوا گرم تر خواهد شد.

۳- مواد و روش ها

آزمایش ها در یک واحد مرغداری در شهر گناباد به صورت یک طرح سرمایش مرکب انجام گرفته است که طرح شماتیک آن در شکل ۳ ملاحظه می شود. در این طرح برای پوشال ها از خار شتر فشرده شده به قطر 8-10 cm [۸] و فن مکنده موجود در تأسیسات واحد مرغداری به ظرفیت اسمی 6,000 CFM (فوت مکعب در دقیقه) استفاده گردید. برای خنک کردن هوا قبل از ورود به کولر تبخیری یک مبدل حرارتی طراحی گردید، که آب چاه موجود در محل از داخل لوله ها و هوا بطور متقاطع از سطح بیرونی آن ها جریان یابد. دمای متوسط آب چاه در فصل اندازه گیری شده 13 °C بود، که مبنای طراحی قرار گرفت. طراحی مبدل حرارتی طوری انجام گرفت که دبی عبوری آب داخل آن $Q = 4.6\ m^3/h$ و افزایش دمای آب آن 8 °C باشد. بدین ترتیب، مبدل حرارتی از لوله های مسی به قطر 3/8 in، طول 1 m و به تعداد 20 عدد ساخته شد. آزمایش ها در دم ها و رطوبت نسبی های متفاوت انجام گرفت. دمای آب در ود و خروج از مبدل، دما و رطوبت نسبی هوا قبل و بعد از مبدل حرارتی و همچنین بعد از گذر از پوشال ها در دو مرحله اندازه گ ری شد. در مرحلهٔ نخست مبدل حرارتی با بستن شیر ورودی آب آن از مدار خارج گردید. در مرحلهٔ بعد آب عبور از لوله ها با دبی $Q = 4.6\ m^3/h$ تنظیم گردید و اندازه گیری ها به عمل آمد.

در هر دما و رطوبت نسبی معین بین ۷ تا ۱۰ مورد اندازه گیری به عمل آم ه و معدل گیری و سپس اعداد بدست آمده گرد گردید.



شکل ۳- طرح شماتیک سرمایش مرکب

٤- نتایج و بحث

خلاصه نتایج مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده در جدول ۲ آورده شده است. با مشاهده این جدول می توان موارد ذیل را دریافت:

۱- بطوریکه ملاحظه می شود، تغییرات بازده سرمایش در دماهای بالاتر هوا اندکی بیشتر است ولی در دماهای پایینتر خیلی محسوس نیست.

۲- تغییرات رطوبت نسبی هوای خروجی از کولر (ورودی به سالن) در حالا اول (بدون مبدل) بستگی محسوسی به هوای بیرون ندارد، ولی در حالت دوم (با مبدل) با کاهش دمای بیرون اندکی افزایش می یابد.

۳- میانگین راندمان سرمایش در حالت استفاده درکولر بدون مبدل سرد کننده 65.5 % است که در صورت استفاده از مبدل، این مقدار به 80 % افزایش می یابد.

۴- در صورت افزایش راندمان سرمایش آدیاباتیک (با استفاده از دستگاه های بهتر و پوشال های گران قیمت تر) محاسبات نشان می دهد که رطوبت نسبی هوای خروجی از کولر (هوای ورودی به سالن) به مراتب بیشتر از رطوبت نسبی هوای حاصل از ترکیب کولر و مبدل خواهد بود. افزایش رطوبت نسبی هوای ورودی آسایش کمتر را به همراه خواهد داشت. علاوه بر آن رطوبت نسبی زیاد هوا باعث زنگ زدگی و پوسیدگی زود رس قطعات فلزی مخصوصاً قطعات فولادی می گردد.

جدول ۲ نتایج اندازه گیری شده و محاسبه شده

شماره ردیف	هوای بیرون			حداکثر سرمایش		هوای ورودی بدون مبدل		بازده سرمایش ٪	هوای میانی با مبدل		هوای ورودی با مبدل		بازده سرمایش ٪
	رطوبت نسبی ٪	دما TDB1 °C		رطوبت نسبی ٪	دما °C TS	رطوبت نسبی ٪	دما TDB2 °C		رطوبت نسبی ٪	دما °C	رطوبت نسبی ٪	دما TDB2 °C	
۱	۲۳	۴۱		۱۰۰	۲۴.۸	۶۴	۲۹	۷۴	۳۰	۳۵.۵	۶۲	۲۷	۸۶
۲	۲۳	۳۹.۵		۱۰۰	۲۳	۵۹	۲۸.۵	۶۶	۳۰	۳۴	۶۳	۲۶	۸۱
۳	۲۴	۳۷		۱۰۰	۲۰.۵	۶۴	۲۶.۵	۶۳	۳۴	۳۱	۶۴	۲۴	۷۸
۴	۲۷	۳۳		۱۰۰	۱۹.۷	۶۰	۲۴.۵	۶۴	۳۰	۲۹	۶۵	۲۳	۷۵
۵	۲۷	۳۰		۱۰۰	۱۷.۲	۶۳	۲۱.۶	۶۵	۳۲	۲۶	۶۲	۲۰	۷۸
۶	۳۰	۲۸		۱۰۰	۱۶.۸	۶۳	۲۱	۶۲	۳۹	۲۴	۷۰	۱۹	۸۰
۷	۳۰	۲۵		۱۰۰	۱۴.۲	۶۸	۱۸	۶۴	۳۹	۲۱	۷۰	۱۶	۸۳

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

۱- بطوری که متذکر گردید، راندمان سرمایش به میزان 14.5 % افزایش یافته ست. این افزایش راندمان صرفه جوئی قابل ملاحظه ای را در مصرف انرژی و آسایش بیشتر را به همراه خواهد داشت.

۲- هیچگونه مصرف آب اضافی لازم نمی باشد، زیرا همان مصرف روزانه از چاه آب موجود در مرغداری از لوله های مبدل عبور کرده و دمای هوای ورودی به سالن را کاهش می دهد.

۳- مخارج اولیه تأسیسات اضافی لازم (مبدل و اطاقک) بسیارپایین و هزینه نگ اری و تعمیرات آن ناچیز است.

۴- بازده مبدل در این طرح حدود 60 % ارزیابی گردید. پیشنهاد می شود تحقیقات بیشتری در مورد افزایش بازده آن انجام پذیرد.

۵- در صورتیکه رطوبت نسبی نهائی بالاتر از حد آسایش باشد، می توان با وسایل و مواد رطوبت گیر رطوبت هوای ورودی به سالن را کاهش داد.

مراجع:

۱- اللهیاری، عماد، ۱۳۷۲، مسائل ویژه در صنعت مرغداری، چاپ سوم، انتشارات فارابی.

۲- زهری، مرادعلی، ۱۳۷۲، اصول پرورش طیور، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران.

۳- صدقیانی، امرالله، ۱۳۶۲، راهنمای مرغداری (صنعت پرورش طیور) چاپ پنجم.

4- Fairchild, Brian D., Bulletin 1287, The University of Georgia, July 2005.

5- Stroble, B.R., Stowell, R.R., and Short, T.H., 2000, Evaporative cooling pads: Use in Lowering Indoor air Temperature, Ohio State University, Fact Sheet, AEX-127-99.

6- Otteerbein, R., 1996, Evaporative Coolers, Home Energy Magazine.

7- Anderson, K.E., and Carter, T.A., 1993, Hot Weather Management of Poultry, Poultry Science and Technology.

۸- فرزاد، ع، ۱۳۸۲، اثر تغییر دمای آب خنک کننده روی میزان سرمایش و بررسی افزایش بازده کولرهای آبی، آب و فاضلاب، شماره ۴۵.

۹- نظری باغ، م.، ۱۳۸۵، بهینه سازی کولرهای آبی موجود در مرغداریها، پروژه کارشناسی، دانشگاه فردوسی م هد.