

## **ADAPTASI METABOLISME DAN ALTERNATIF METABOLISME SUMBER ENERGI OTOT SAPI PERAH TERHADAP FLUKTUASI MIKROKLIMAT LINGKUNGAN KANDANG**

**Andi Mushawwir\*, An An Yulianti, U. Hidayat Tanuwiria, Rachmat Wiradimadja, dan Nono Suwarno**

Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran, Kampus Jatinangor,  
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21

\*Corresponding Author Email: [mushawwir@unpad.ac.id](mailto:mushawwir@unpad.ac.id).

**Abstrak.** Tiga puluh ekor sapi perah FH laktasi 5-6 telah digunakan dalam penelitian ini untuk mengkaji adaptasi metabolisme dan kontraksi otot. Thermometer bola basah dan bola kering digunakan untuk mengetahui fluktuasi temperatur, kelembaban serta *temperature humidity index* (THI) di kandang dan di sekitar kandang sapi perah tersebut. Koleksi sampel darah telah dilakukan kepada 30 ekor sapi perah setiap minggu selama tiga bulan. Sampel darah yang diperoleh kemudian dicentrifuge untuk pemisahan plasma darahnya. Plasma darah yang telah diperoleh dianalisis kadar glukosanya, asam urat, urea darah, creatinin, enzim CK, trigliserida dan kadar laktatnya, menggunakan teknik spektrofotometer berdasarkan Biolabo Kit, France. Data yang diperoleh dianalisis dengan metode statistika uji F korelasi regresi. Software SPSS IBM 21 telah digunakan untuk menganalisis semua parameter tersebut. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh fluktuasi temperatur, kelembaban dan THI terhadap laju metabolisme dan aktivitas enzim CK pada sapi perah. Laju metabolisme dan aktivitas CK sebagai indikator adaptasi kontraksi otot meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan THI dalam batas yang dapat ditoleran oleh sapi perah.

**Kata Kunci:** Metabolisme, Creatin Kinase, Mikroklimat, Sapi Perah

### **PENDAHULUAN**

Profil fisiologik dan biokimiawi sapi perah yang normal menjadi salah satu faktor penting dalam manajemen pemeliharaannya. Kedua profil ini mampu menggambarkan status biologik ternak tersebut, termasuk kuantitas dan kualitas produksinya. Selain factor pakan, kondisi mikroklimat lingkungan kandang juga merupakan faktor pemicu utama perubahan profil fisiologik dan biokimiawi sapi perah.

Ternak sapi perah sebagai hewan homiotherm, memerlukan penyesuaian yang ketat terhadap perubahan mikroklimat kandang, antara lain perubahan temperatur dan kelembaban. Penyesuaian yang ketat berimplikasi terhadap perubahan mikronutrien yang berdistribusi dalam darah baik menuju maupun yang keluar meninggalkan sel-sel. Perubahan ini merupakan indikator terjadinya perubahan laju metabolisme energi di dalam sel-sel, guna mempertahankan panas tubuh dalam *range* yang normal, sisi lain adalah untuk menghasilkan energi bagi proses thermoregulasi. Dalam menghadapi situasi ini, maka berbagai jalur metabolisme secara fisiokimiawi saling menyesuaikan.

Indikator-indikator molekul dan senyawa dalam darah yang bersirkulasi dapat menjadi penanda untuk mengkaji laju metabolisme yang terjadi dalam kondisi fluktuasi temperatur dan kelembaban kandang terekspos pada ternak perah. Indikator ini dapat menjadi bahan kajian untuk menerapkan pola manajemen nutrient dan atau pemeliharaan yang tepat bagi sapi perah.

### **METODE PENELITIAN**

Tiga puluh ekor sapi perah laktasi 5-6 digunakan dalam penelitian ini, sejak bulan Maret – Mei 2017 di peternakn sapi perah Kecamatan Cikole, Sukabumi Jawa Barat. Di dalam dan di luar kandang telah dipasang thermometer bola basah dan bola kering, masing-masing

sebanyak 4 unit. Temperatur dan kelembaban direkor pada pukul 06.00 pagi hari dan setiap 2 jam sekali selama 24 jam, setiap 4 hari dalam seminggu selama 5 bulan. Fluktuasi temperatur dan kelembaban setiap periode pengukuran diprediskan kedalam indeks temperatur-kelembaban atau *temperature humidity index* (THI), dengan formula sebagai berikut :

$$THI = (1,8 \times T_{db} + 32) - \{ (0,55 - 0,0055 RH) ((1,8 \times T_{db} + 32) - 58) \}$$

**(Modifikasi Elvia Hernawan, Andi Mushawwir dan Diding Latipudin, 2012, berdasarkan Ingraham (1987))**

Sampel darah dikoleksi mengikuti waktu pencatatan temperatur dan kelembaban, dilakukan setiap minggu selama penelitian. Sampel darah yang telah diperoleh dicentrifuge untuk memperoleh plasmanya, kemudian dianalisis menggunakan teknik spektrofotometer berdasarkan petunjuk analisis Biolabo Kit, France. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji F korelasi regresi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil konsentrasi beberapa parameter biokimiawi plasma darah sapi perah berdasarkan hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 1. Berdasarkan uji F regresi menunjukkan bahwa temperatur berkorelasi sangat nyata ( $p < 0,01$ ) dengan semua parameter biokimia yang diukur, kecuali glukosa. Tabel 1 menunjukkan konsentrasi biokimia plasma darah yang berfluktuasi seiring dengan terjadinya fluktuasi temperatur dan kelembaban yang dideskripsikan dalam nilai THI.

Fluktuasi parameter biokimia seperti yang ditampilkan pada Tabel 1, dapat menjadi bahan analisis untuk memprediksi laju metabolisme pada sel-sel sapi perah, penggunaan parameter ini juga telah dilaporkan (Pireira dkk., 2008; Renaudeau dkk., 2012; Thompson dkk., 2014; Ahmed dkk., 2017; pada unggas (Mushawwir dan Latipudin, 2012; Loyau dkk., 2014; Ma dkk., 2014) dan pada non ruminansia (Salak-Johnson dkk., 2007; Degroote dkk., 2012; Pearce dkk., 2013) yang mengalami aklimatisasi terhadap perubahan iklim lingkungan kandang yang cukup ekstrim (Tabel 1).

Penurunan kadar trigliserida seiring dengan peningkatan temperatur dan THI, menunjukkan peningkatan katabolisme trigliserida menjadi gliserol dan asam-asam lemak, agar mikronutrien ini dapat terlibat dalam gluconeogenesis melalui jalur gliseroldehid 3-phosfat. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan gejala yang sama (Monteiro dkk., 2014 dan 2016).

Sebaliknya peningkatan kolesterol dalam darah dengan meningkatnya temperatur dan THI, menggambarkan peningkatan transportasi kolesterol dari jaringan oleh transporter HDL (High density lipoprotein) menuju jaringan hati (Mushawwir, 2014). Transportasi kolesterol menuju hati juga bertujuan untuk meningkatkan gluconeogenesis melalui jalur asetil co-A. Begitu pula terhadap urea dan total protein, menunjukkan profil yang cenderung sama dengan trigliserida. Hasil penelitian terdahulu dilaporkan bahwa peningkatan asam lemak plasma dalam cekaman panas juga terjadi sebagai dampak oksidasi radikal bebas (Chauhan dkk., 2014; Del Vesco dkk., 2014; Rosado Montilla dkk., 2014; Goncalves dkk., 2015; Royer dkk., 2016).

Tabel 1. Konsentrasi biokimiawi plasma darah sapi perah FH berdasarkan fluktuasi mikroklimat lingkungan kandangnya

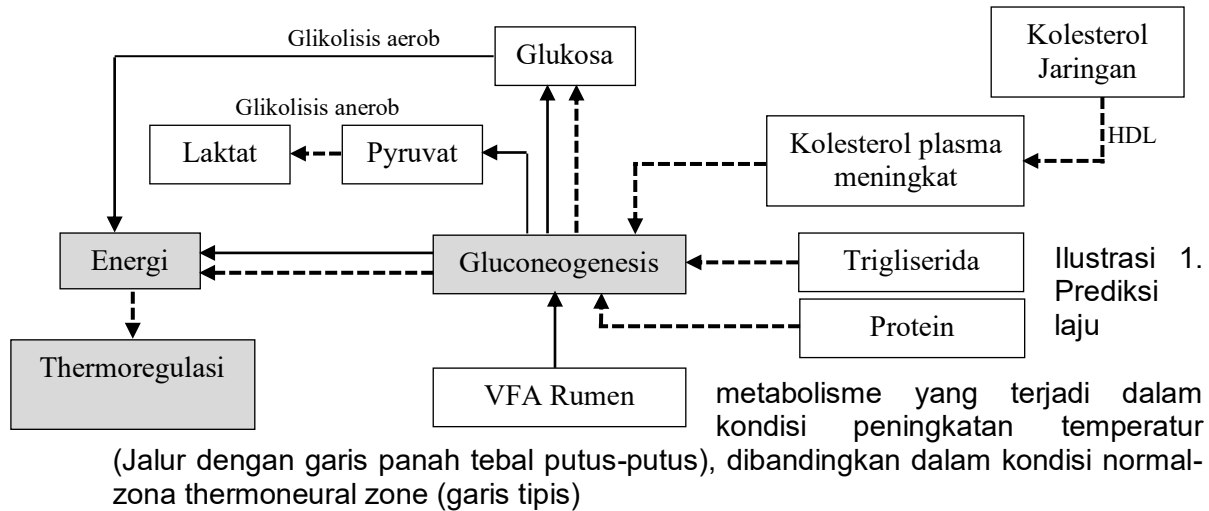
| Temp<br>°C | RH<br>% | THI | Glukosa<br>x <sup>2</sup><br>mL/dL | Tot.Prot<br>mL/dL | Urea<br>mL/dL | Tag<br>x <sup>2</sup><br>mL/dL | Tot. Kol<br>x <sup>2</sup><br>mL/dL | Laktat<br>x10 <sup>-1</sup><br>mL/dL | Cr<br>mL/dL | CK<br>x10 <sup>-1</sup><br>mL/dL |
|------------|---------|-----|------------------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------|----------------------------------|
| 23,5       | 68,5    | 70  | 8,05                               | 7,25              | 3,57          | 15,61                          | 13,41                               | 3,40                                 | 0,13        | 0,23                             |
| 25,6       | 70,5    | 74  | 8,08                               | 7,34              | 3,78          | 15,03                          | 12,92                               | 10,20                                | 0,21        | 0,57                             |
| 26,5       | 80,5    | 77  | 8,06                               | 6,83              | 3,85          | 14,89                          | 13,22                               | 11,40                                | 0,78        | 0,85                             |
| 27,4       | 80,5    | 78  | 8,07                               | 6,78              | 3,89          | 15,22                          | 13,02                               | 10,90                                | 1,84        | 0,32                             |
| 28,6       | 83,5    | 80  | 8,05                               | 7,05              | 4,06          | 15,10                          | 13,01                               | 11,70                                | 0,95        | 1,05                             |
| 27,2       | 80,5    | 78  | 8,02                               | 6,98              | 3,84          | 15,22                          | 13,18                               | 10,20                                | 1,25        | 0,97                             |
| 25,6       | 75,5    | 74  | 8,04                               | 6,83              | 4,15          | 14,96                          | 12,81                               | 6,50                                 | 0,58        | 0,53                             |
| 24,5       | 70,5    | 72  | 8,04                               | 7,06              | 3,89          | 15,76                          | 13,42                               | 7,80                                 | 0,35        | 0,51                             |
| 21,7       | 65,5    | 68  | 8,18                               | 8,15              | 4,16          | 15,90                          | 13,75                               | 4,60                                 | 0,11        | 0,19                             |
| 24,6       | 78,5    | 73  | 8,02                               | 7,62              | 4,08          | 15,71                          | 12,80                               | 5,90                                 | 0,67        | 0,38                             |
| 29,5       | 89,5    | 83  | 8,00                               | 6,51              | 3,79          | 15,44                          | 13,41                               | 12,40                                | 2,18        | 1,15                             |
| 30,2       | 89,5    | 84  | 7,99                               | 6,85              | 3,85          | 15,42                          | 13,35                               | 1,26                                 | 2,16        | 0,18                             |

Temp = Temperatur; RH = *Relative humidity*; THI = *Temperature humidity index*; Tot. Prot = Total protein; Tag = Triglicerida; Tot. Kol = Kolesterol total; Cr = Kreatinin; CK = Creatin Kinase

Peningkatan gluconeogenesis bertujuan untuk memproduksi energi dan mempertahankan kadar glukosa darah (Adriani dan Mushawwir, 2008; Rhoads dkk., 2013; Mushawwir, 2014). Meskipun beberapa peneliti melaporkan penurunan glukosa dalam keadaan stress berat (Marai dkk., 2007; Boddicker dkk., 2014). Dalam rangka menunjang produksi energy pada kondisi lingkungan panas, ditunjang dengan peningkatan aktivitas perubahan piruvat menjadi asam laktat. Diketahui bahwa setiap katabolisme 1 molekul pyruvate menjadi laktat, dihasilkan 1 mol ATP (Al-Haidary dkk., 2001; Tao dkk., 2013). Metabolisme ini merupakan jalur glikolisis anerob.

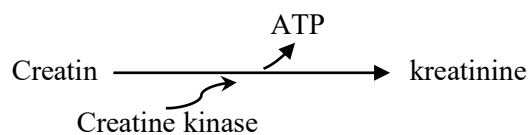
Berdasarkan Tabel 1, maka dapat diilustrasikan jalur metabolisme selama terjadi fluktuasi mikroklimat. Ilustrasi 1 menampilkan alternatif jalur-jalur metabolisme pada sapi perah yang sedang mengalami aklimatisasi cekaman temperatur. Sapi perah sebagai ternak ruminansia, dalam kondisi normal penyediaan energinya berbeda dengan unggas (jalur glikolisis), sedangkan pada sapi perah melalui jalur glicogenolisis. Prekursor utama dalam jalur ini (gluconeogenesis) adalah volatile fatty acid (VFA), antara lain asam laktat, butirir dan propionat. Sebelum melintasi sel-sel absorptif pada rumen dan sebagian di omasum-abomasum, terlebih dahulu asam asetat dan butirir dimetabolisme menjadi badan keton.

Penyediaan energi menjadi tujuan utama pengalihan jalur metabolisme dari penggunaan VFA rumen menjadi pemanfaatan protein dan lipid sebagai precursor utama metabolisme energinya, melalui jalur gluconeogenesis. Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan penurunan VFA rumen selama stress panas (Baumgard dkk., 2010; Howard dkk., 2013;). Begitu pula piruvat, pengalihan jalurnya menjadi prekursor utama dalam pembentukan laktat untuk memproduksi energi tanpa oksigen. Beberapa peneliti sebelumnya juga melaporkan peningkatan laktat bagi ternak yang mengalami stress, antara lain pada sapi (Baumgard dkk., 2012; Thompson dkk., 2014; Monteiro dkk., 2016), pada babi (Royer dkk., 2016), pada ayam (Mushawwir dan latipudin, 2012; Loyau dkk., 2014).



Thermoregulasi merupakan upaya fisiologik ternak untuk mampu mencapai keseimbangan radiasi panas dari lingkungan ternak dengan jumlah panas yang dikeluarkan. Inilah sebabnya *feed intake* mengalami penurunan ketika panas, guna mencegah kelebihan *heat increment* (panas sebagai dampak metabolisme). Perubahan pola metabolisme seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, merupakan salah satu upaya kompensasi untuk mencapai thermoregulasi yang optimal.

Upaya lain adalah mengevaporasikan panas tubuh secara fisik, mengikuti hukum fisika melalui pergeseran panas. Upaya fisik mengeluarkan panas membutuhkan kontraksi otot-otot pernafasan dan jantung. Peran otot dan jantung yang tinggi dalam thermoregulasi menjadi berdampak negatif, antara lain menjadi alasan rendahnya pertumbuhan fetus bagi induk yang terdampak stress panas, seperti yang dilaporkan Ahmed dkk. (2017). Pemenuhan energi untuk proses thermoregulasi ini tentu sangatlah tinggi. Mekanisme penting penyediaan energy adalah perombakan creatin menjadi kreatinin oleh enzim creatin kinase, setiap perombakan satu molekul creatin dihasilkan 1 mol ATP, seperti reaksi berikut ini :



Peningkatan aktivitas reaksi ini menyebabkan tingginya kadar kreatinin dan enzim creatine kinase dalam keadaan cekaman panas (temperatur tinggi). Peningkatan aktivitas perombakan creatin menjadi kreatinin dikatalis oleh enzim creatin kinase (CK). Tampak bahwa pada saat temperatur mengalami peningkatan yang diindikasikan dengan peningkatan THI, menyebabkan konsentrasi peningkatan aktivitas CK disertai dengan produk metabolismenya yaitu kreatinin. Secara keseluruhan hasil penelitian ini mampu menggambarkan bahwa penyediaan energi melalui mekanisme katalisasi CK, merupakan alternatif yang baik dalam termoregulasi.

Peningkatan aktivitas perombakan creatin menjadi kreatinin oleh enzim creatin kinase (CK). Tampak bahwa pada saat temperatur mengalami peningkatan yang diindikasikan dengan peningkatan THI, menyebabkan konsentrasi peningkatan aktivitas CK disertai dengan produk metabolismenya yaitu kreatinin.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa laju metabolisme dalam kondisi cekaman panas mengalami peningkatan melalui jalur gluconeogenesis dengan pemanfaatan precursor lipid dan protein, serta peningkatan glikolisis anerob. Hasil yang sama juga terjadi dengan peningkatan aktivitas enzim creatin kinase (CK) untuk menyuplai energi dari katabolisme creatin menjadi kreatinin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pelaksanaan penelitian ini merupakan kerjasama nonformal dengan salah satu peternak sapi perah di Kecamatan Cikole, Sukabumi. Untuk itu, peneliti menyampaikan terima kasih kepada Bpk H.Syamsul untuk penggunaan ternaknya sebagai sampel dan bantuan fisik selama penelitian. Penghargaan yang setinggi-tingginya juga kami sampaikan kepada CV. Indosains yang telah memberikan fasilitas kit-kit analisis.

## REFERENSI

- Adriani, L. dan A. Mushawwir. 2008. Kadar Glukosa Darah, Laktosa Dan Produksi Susu Sapi Perah Pada Berbagai Tingkat Suplementasi Mineral Makro. *Jurnal Animal Production*.
- Ahmed, B.M.S., U. Younas, T. O. Asar, S. Dikmen, P. J. Hansen, and G. E. Dahl. 2017. Cows exposed to heat stress during fetal life exhibit improved thermal tolerance. *J. Anim. Sci.* 95:3497–3503.
- Al-Haidary, A., D. E. Spiers, G. E. Rottinghaus, G. B. Garner, and M. R. Ellersieck. 2001. Thermoregulatory ability of beef heifers following intake of endophyte-infected tall fescue during controlled heat challenge. *J. Anim. Sci.* 79:1780–1788.
- Baumgard, L.H., and R. P. Rhoads. 2012. Ruminant Production and Metabolic Responses to Heat Stress. *J. Anim. Sci.* 90:1855–1865.
- Boddicker, R. L., J. T. Seibert, J. S. Johnson, S. C. Pearce, J.T. Selsby, N. K. Gabler, M. C. Lucy, T. J. Safranski, R. P. Rhoads, L. H. Baumgard, and J. W. Ross. 2014. Gestational heat stress alters postnatal offspring body composition indices and metabolic parameters in pigs. *PLoS One* 9:e110859.
- Chauhan, S.S., P. Celi, B. J. Leury, I. J. Clarke, and F. R. Dunshea. 2014. Dietary antioxidants at supranutritional doses improve oxidative status and reduce the negative effects of heat stress in sheep. *J. Anim. Sci.* 92:3364–3374.
- Degroote, J., J. Michiels, E. Claeys, A. Obyn, and S. De Smet. 2012. Changes in the pig small intestinal mucosal glutathione kinetics after weaning. *J. Anim. Sci.* 90:359–361.
- Del Vesco, A. P., E. Gasparino, D. O. Grieser, V. Zancanela, F. R. S. Gasparin, J. Constantin, and A. R. Oliveira Neto. 2014. Effects of methionine supplementation on the redox state of acute heat stress–exposed quails. *J. Anim. Sci.* 92:806–815.
- Goncalves, R. L. S., C. L. Quinlan, I. V. Perevoshchikova, M. Hey-Mogensen, and M. D. Brand. 2015. Sites of superoxide and hydrogen peroxide production by muscle mitochondria assessed ex vivo under conditions mimicking rest and exercise. *J. Biol. Chem.* 290:209–227.
- Howard, J.T., S. D. Kachman, M. K. Nielsen, T. L. Mader, and M. L. Spangler. 2013. The effect of myostatin genotype on body temperature during extreme temperature events. *J. Anim. Sci.* 91:3051–3058.
- Loyau, T., S. Metayer-Coustard, C. Berri, S. Crochet, E. Cailleau-Audouin, M. Sannier, P. Chartrin, C. Praud, C. Hennequet-Antier, N. Rideau, N. Courousse, S. Mignon-Grasteau, N. Everaert, M.J. Duclos, S. Yahav, S. Tesseraud, and A. Collin. 2014. Thermal

- manipulation during embryogenesis has longterm effects on muscle and liver metabolism in fast-growing chickens. *PLoS One* 9:e105339.
- Ma, X., Y. Lin, H. Zhang, W. Chen, S. Wang, D. Ruan, and Z. Jiang. 2014. Heat stress impairs the nutritional metabolism and reduces the productivity of egg-laying ducks. *Anim. Reprod. Sci.* 145:182–190.
- Marai, I. F. M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel, and M. A. M. Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – A review. *Small Rumin. Res.* 71:1–12.
- Monteiro, A. P. A., J.-R. Guo, X. Weng, B. M. Ahmed, M. J. Hayen, G. E. Dahl, and J. K. Bernard. 2016. Effect of maternal heat stress during the dry period on growth and metabolism of calves. *J. Dairy Sci.* 99:3896–3907.
- Monteiro, A. P. A., S. Tao, I. M. Thompson, and G. E. Dahl. 2014. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors. *J. Dairy Sci.* 97:6426–6439.
- Mushawwir, A. 2014. *Biokimia Nutrisi*. Widya padjadjaran, Bandung.
- Mushawwir, A. dan D. Latipudin. 2012. “Respon fisiologi thermoregulasi ayam ras petelur fase grower dan layer”. *Prosiding seminar zootechniques for Indogeneous resources development, ISAA Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro*.
- Pearce, S. C., V. Mani, R. L. Boddicker, J. S. Johnson, T. E. Weber, J. W. Ross, R. P. Rhoads, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2013. Heat stress reduces intestinal barrier integrity and favors intestinal glucose transport in growing pigs. *PLoS One.* 8:e70215.
- Pereira, A. M. F., F. Baccari, E. A. L. Titto, and J. A. A. Almeida. 2008. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. *Int. J. Biometeorol.* 52:199–208.
- Renaudeau, D., A. Collin, S. Yahav, V. De Basilio, J. L. Gourdine, and R. J. Collier. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6:707–728.
- Rhoads, R. P., L. H. Baumgard, J. K. Suagee, and S. R. Sanders. 2013. Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Adv. Nutr.* 4:267–276.
- Rosado Montilla, S. I., T. P. Johnson, S. C. Pearce, D. Gardan- Salmon, N. K. Gabler, J. W. Ross, R. P. Rhoads, L. H. Baumgard, S. M. Lonergan, and J. T. Selsby. 2014. Heat stress causes oxidative stress but not inflammatory signaling in porcine skeletal muscle. *Temperature* 1:42–50.
- Royer, E., F. Barbé, D. Guillou, Y. Rousselière, and E. Chevaux. 2016. Development of an oxidative stress model in weaned pigs highlighting plasma biomarkers’ specificity to stress inducers. *J. Anim. Sci.* 94:48–53.
- Salak-Johnson, J.L., and J. J. McGlone. 2007. Making sense of apparently conflicting data: Stress and immunity in swine and cattle. 85(E. Suppl.):E81–E88.
- Tao, S., and G. E. Dahl. 2013. Invited review: Heat stress impacts during late gestation on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci.* 96:4079–4093.
- Thompson, I. M., A. P. A. Monteiro, G. E. Dahl, S. Tao, and B. M. Ahmed. 2014. Impact of dry period heat stress on milk yield, reproductive performance and health of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 92(Suppl. 2):734 (Abstrct.).