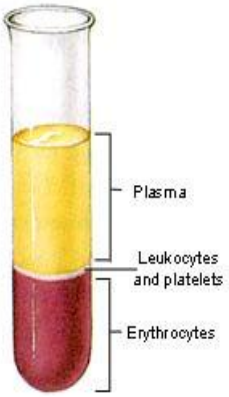
الدم (Blood)

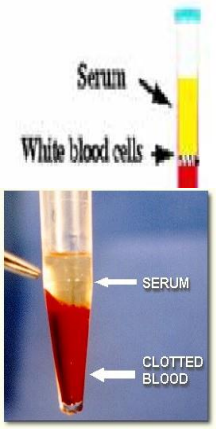
هو عبارة عن نسيج ضام (Connective Tissue) متخصص ، وهو يمثل الوسط الداخلي للجسم الذي يحافظ على حياة الخلايا من خلال امدادها بالمواد الغذائية والاوكسجين الضرورين للحياة. يمتاز الدم بالثبات النسبي (Homeostasis) المستمر في محتوياته ، حيث تكون التغيرات التي تحدث فيه ضيقة جداً ، يبلغ حجم الدم (Blood Volume) عند الضنج الجسمي في الدجاج ما مقداره 6-7 % من وزن الجسم ، إذ يحتوي جسم الدجاج الذي يزن 2.5 كغم ما مقداره 240 مللتر دم.

مكونات الدم

يبين الشكل انه اذا تم تقسيم انبوبة الاختبار الحاوية على نموذج الدم الكامل (Whole Blood) المأخوذ من الطيور الى قسمين ، الانبوبة الاولى يضاف اليها مانع تخثر كالهيبارين (Heparin) مثلاً والانبوبة الثانية لا يضاف اليها مانع تخثر ، بعد اجراء عمليات الفصل[1] على الانبوبتين ، سنلاحظ ان مكونات الدم في الانبوبة الاولى ستنقسم الى قسمين ، القسم الاول هو سائل راشح ذو لون اصفر باهت يدعى بالبلازما (Plasma) والقسم الثاني راسب لونه احمر داكن هو عبارة عن الجزء الخلوي من الدم والذي يتكون من كريات الدم الحمر (Red Blood Cells) وكريات الدم البيض (White Blood Cells) والصفيحات الدموية (Platelets).



اما الانبوبة الثانية والتي لم يضاف اليها مانع التخثر ، فستنقسم مكونات الدم الى قسمين ، الاول هو سائل راشح ذو لون اصفر او برتقالي فاتح ويدعى بالمصل (Serum) ، اما الجزء الثاني فهو راسب ذو لون احمر داكن هو عبارة عن خلايا الدم الحمر والبيض فقط.



ان الفرق ما بين البلازما المتكون في الانبوبة الاولى والمصل المتكون في الانبوبة الثانية هو ان البلازما يحتوي على البروتينات المسؤولة عن عملية تخثر الدم والصفيحات الدموية ، بينما لا يحتوي المصل على هذه البروتينات والصفيحات الدموية بسبب حصول عملية تخثر الدم وانفصال المصل عن خلايا الدم الحمر والبيض.

خلايا الدم الحمر (Red Blood Cells)

تسمى ايضاً بالـ Erythrocytes ، وتختلف تسميتها ما بين الطيور والثدييات ، ففي الطيور تسمى خلايا (Cells) اما في الثدييات فتسمى بالكرية (Corpules) ، يكون شكلها في الطيور بيضوياً (Oval) وتحتوي على نواة ، وهي بذلك تختلف عن كريات الدم الحمر في الثدييات التي يكون شكلها كروياً ولا تحتوي على نواة.

جدول يوضح المقارنة في اعداد خلايا وكريات الدم الحمر ما بين الطيور والثدييات.

الانواع	مليون كرية (او خلية) في المللتر المكعب الواحد من الدم الكامل
الانسان	5.5-4.5
الابقار	7
الاغنام	11
الدجاج	4-2

هناك حاجة مستمرة لتكوين خلايا الدم الحمر (RBC) اما بسبب نقص الاوكسجين (Hypoxia) او بسبب انقضاء مدة حياتها ، حيث يكون متوسط عمر حياة خلايا الدم الحمر في الطيور قصيراً إذ يبلغ 28-35 يوماً ، بينما في الانسان يكون متوسط عمر حياة كريات الدم الحمر ما بين 50-60 يوماً ، ومن ثم بعد ذلك تتحطم خلايا الدم الحمر في الطيور في منطقة الكبد ، اما في الانسان فتتحطم في منطقة الطحال.

يمكن ايجاز اهم العوامل المؤثرة في عملية تكوين خلايا الدم الحمر بالنقاط الاتية:

1. تحلل كريات الدم الحمر (لاسباب وراثية ، وجود مواد سمية ، وجود اجسام مضادة لخلايا الدم الحمر).
2. حدوث النزيف (Hemorrhage) يؤدي الى زيادة تصنيع خلايا الدم الحمر.
3. زيادة تركيز هرمون الاندروجين يحفز تكوين خلايا الدم الحمر بينما زيادة هرمون الاستروجين يخفض من ذلك.
4. حدوث حالة فرط خلايا الدم الحمر (Polycythemia) تؤدي الى تثبيط تصنيع خلايا الدم الحمر.

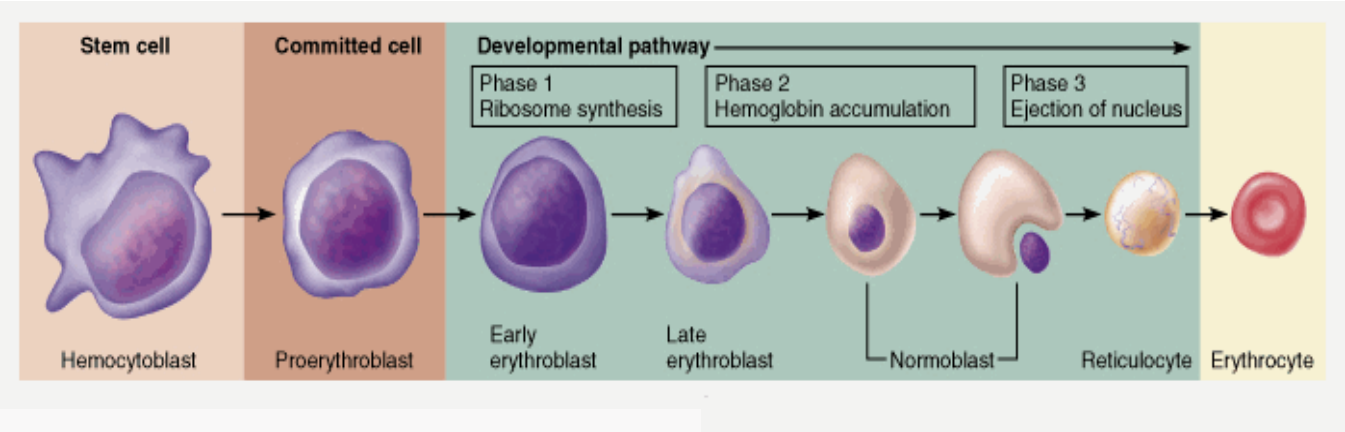
مكان اخذ عينات الدم من الدجاج

جميع العوامل السابقة الذكر تتم من خلالها السيطرة على عملية تكوين وانتاج خلايا الدم الحمر ، ويتم عمل او تأثير العوامل اعلاه من خلال انتاج مادة في الدم تعرف بـ Erythropoitin ، وتسمى ايضاً

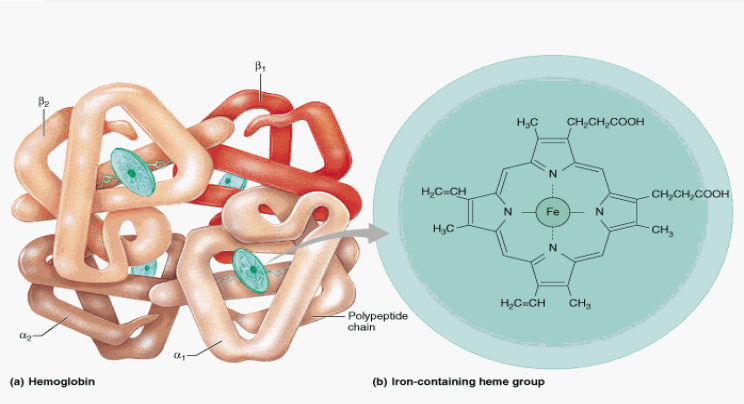
[1] بعد اضافة مانع التخثر يتم تعريض الانبوبة الى الطرد المركزي بجهاز Center fuge على 3000 دورة في الدقيقة لمدة ربع ساعة ، اما في انبوبة نموذج الدم التي لم يضاف لها مانع تخثر فيتم ابقاء الدم في الثلاجة لمدة 24 ساعة وبعد ذلك ستنفصل مكونات الانبوبة الى جزئين كما هو في الصورة اعلاه.

بـErthropiosis Stimulating Factor ويرمز لها بـ EFS ، وهذا المادة عبارة عن مركب سكري بروتيني (Glycoprotein) يتكون في الكلية (Kidney) ويؤثر مباشرةً في نخاع العظم مؤدياً الى زيادة معدل تكوين Erthroid Cells وتحويلها الى خلايا دم حمر ناضجة وكما هو موضح في الشكل التالي:

ويوضح الشكل الاتي عملية تصنيع خلايا الدم الحمر



تحتوي خلايا الدم الحمر على الهيموكلوبين (Hemoglobin) الذي يتكون من اربع وحدات من الهيم (Hem) فرعية حاوي على الحديد كما في الثدييات ، الا ان الهيموكلوبين في دم الدجاج يختلف عن الثدييات في الاجزاء البروتينية التي هي الكلوبيولينات (globulins) ، ، وتتحد وحدات الهيموكلوبينات لتكوين جزيئة هيموكلوبين واحدة تتكون من اربع سلاسل ببتدية (Polypeptiede chain) اثنان منها من نوع الفا واثنان منها من نوع بيتا وكما هو موضح في الشكل المقابل.



ينجز الهيموكلوبين وظائف تنفسية مهمة في الرئتين ، حيث يتم ارتباط الهيموكلوبين مع الاوكسجين مكوناً مركب Oxyhemoglobin الذي يكون ارتباط الاوكسجين فيه غير مستقراً ، وعند مرور هذا المركب عبر جدران الاوعية الدموية الشعرية للانسجة يحصل انفصال الاوكسجين الضروري للخلايا.

يرتبط الهيموكلوبين ايضاً مع ثاني اوكسيد الكاربون مكوناً مركب Carboxyhemoglobin ويكون هذا الارتباط قوياً بمقدار 200 مرة اكثر من ارتباط الاوكسجين بالهيموكلوبين ، وبذلك يكون مركب Carboxyhemoglobin مركباً مستقراً ولا يتفكك بسهولة ، لذلك فعند ارتفاع تركيزه بالدم تحصل حالة الاختناق (Asphyxia) ويعود السبب في ذلك الى ان هذا المركب يغير من وظيفة الهيموكلوبين التنفسية الداخلة في تركيبه.

جدول يوضح المقارنة في تركيز الهيموكلوبين ما بين الثدييات والدجاج.

الانواع	غرام لكل 100 مللتر دم
الانسان	17–12
الابقار	12
الاغنام	11
الدجاج	20–8

يمثل حجم خلايا الدم المتكدسة او ما يسمى بالمكدس (Packed Cell Volume) ومختصرها PVC ، ويسمى ايضاً بالHematocrite جميع خلايا الدم ، ولكن بالدرجة الاولى تأتي خلايا الدم الحمر ومن ثم البيض بسبب قلة نسبة خلايا الدم البيض من كل الدم (1–1.5%) ،

ولهذا فان حجم خلايا الدم المحشوة (PVC) تعبر بدرجة رئيسية عن حجم خلايا الدم الحمر المحشوة ، وتبلغ هذه النسبة في الدجاج 20 – 40% ، مما يعني ذلك ان الجزء الخلوي من الدم يكون 20–40 في حين ان الجزء السائل يشكل 60–80 كنسبة مئوية ، في الانسان تبلغ هذه النسبة 35–45%.

ان قلة نسبة PVC في دم الطيور الطيور يعني وجود حالة تخفيف للدم او ما يسمى بحالة Hemodilution وتحدث مثل هذه الحالة عند ارتفاع درجات الحرارة البيئية في فصل الصيف ، اما ارتفاع نسبة الـPCV في نموذج الدم عن الحدود المثلى يعني وجود نسبة عالية من خلايا الدم الحمر كما في حالة فرط خلايا الدم الحمر (Polycythemia).

يضم معدل ترسيب خلايا الدم (Erythrocyte Sedimentation Rate) والذي يرمز له بـ ESR جميع خلايا الدم ، ولأن اعداد خلايا الدم الحمر هي اكثر بدرجة كبيرة جداً من بقية خلايا الدم لذلك فأن تأثيرات خلايا الدم الحمر يكون كبيراً على معدل ترسيب خلايا الدم ، ونظراً للعلاقة العكسية ما بين ESR واعداد خلايا الدم الحمر ، حيث انه بطئ معدل ترسيب خلايا الدم الحمر المعبر عنه بالمللتر لكل دقيقة يعني زيادة اعداد خلايا الدم الحمر في نموذج الدم ، وكما هو في موضح في الجدول الذي يبين المعدلات المثالية للـESR في الدجاج.

الوقت	الجنس	
(دقيقة)	ذكر	انثى
10	0.80	1.35
30	2.06	5.30
60	3.86	10.50
120	7	18.05

خلايا الدم البيض (White Blood Cells)

تسمى ايضاً بالـLeuckocyte ، تكون خلايا الدم البيض ما يقارب 1–1.5% من حجم الدم ، وتكون اعدادها في الدجاج ما بين 16–36 الف خلية لكل ملمتر مكعب من الدم ، وهي تعتبر الاساس لدفاع الجسم ضد الجراثيم فمن الممكن ان يتعرض الكائن الحي الى انواع مختلفة من الجراثيم التي قد تدخل عن طريق الجهاز الهضمي او التنفسي او من أي مصدر آخر مثل الجلد ، فتقوم خلايا الدم البيض بالدفاع عن الجسم بمهاجمة الجراثيم عن طريق الالتهام أو عن طريق انتاج الاضداد (Antibodies) وبهذا فان خلايا الدم البيض تعطي للجسم نظامين الاول مناعي والثاني هو دفاعي.

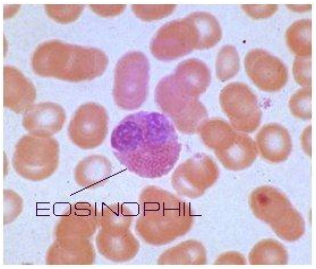
تصنف خلايا الدم البيض اما على اساس الوظيفة او على اساس شكل النواة او على اساس وجود او عدم وجود حبيبات صبغية في السايتوبلازم ، فعند تقسيم خلايا الدم البيض الى حبيبية (Granular) وغير حبيبية (Ungranular) ، حيث تشمل الخلايا الحبيبية الانواع التالية:

1.خلايا الهيتروفيل (Heterophil).

يؤلف هذا النوع في الدجاج حوالي 12–30 الف خلية لكل ملمتر مكعب من الدم (10–35% من مجموع خلايا الدم البيض) ، ويمتاز هذا النوع بالحركة العالية والقدرة على التهام الاشياء لذلك تلعب دوراً مهماً في آلية الدفاع عن الجسم ، ويماثل هذه الخلايا في الانسان وبعض الثدييات التي تصطبغ حبيباتها المتعادلة لذلك تسمى بالمتعادلة (Neutrophils) ، اما في الطيور وكذلك الارانب فالحبيبات السايتوبلازمية تصطبغ بالصبغات الحامضية وتشكلها يكون دائرياً في الطيور ، وتتصف هذه الخلايا كذلك بوجود اجسام بلورية حامضية ذات اشكال تشبه القضبان او الاعمدة السايتوبلازمية ، ومن الجدير بالملاحظة هو عند استعمال الطريقة الشائعة في عمل المسحات فان هذا العمل غالباً ما يشوه هذه الاشكال وبذلك يتغير شكلها القضيبي ويصعب تمييزها لذلك يتم تمييزها بشكل افضل عن طريق لونها ، وتحتوي خلايا الهيتروفيل على نواة ذات اشكال متعددة ودرجات متباينة من التفصص وعادة تصطبغ الحبيبات السايتوبلازمية باللون الاحمر الرائق اما السايتوبلازم فيكون عديم اللون.

2.الخلايا الحامضية (Eosinophil).

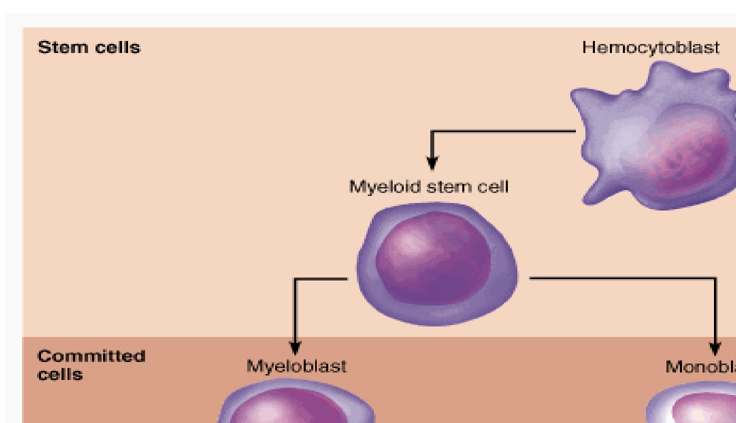
تكون اعدادها حوالي 1–3% من المجموع العام لخلايا الدم البيض في الدجاج ، تقدر احجامها بقدر احجام خلايا الهيتروفيل وعادة تكون حبيباتها كروية كبيرة الحجم نسبياً ولونها احمر معتم (Dull red) عند تصبيغها بصبغة رايت (Wright's Stain) ، اما السايتوبلازم فيكون ذو لون ازرق رمادي باهت جداً والنواة ذات فصين (Bilobed) وزرقاء اللون. واهم ما يشغل الباحثين هو البحث عن افضل طريقة للتفريق بين الهيتروفيل والحامضية حيث كما ذكرنا ان هناك الكثير من نقاط التشابه فيما بينهما وقد اعتقد بعض الباحثين ان كلا النوعين يمثلان اشكال معدلة ومحورة لنفس المجموعة الخلوية في حين اعتقد البعض انهما من سلالات مختلفة.



يوضح الشكل التالي عملية تكوين خلايا الدم البيض من خلايا نخاع العظم .

3.الخلايا القاعدية (Basophil)

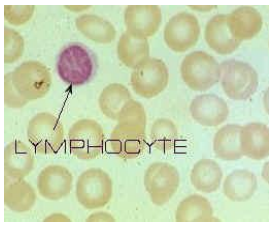
تؤلف الخلايا القاعدية حوالي 2-4% من مجموع الخلايا البيض في الدواجن ، حجم الخلايا القاعدية يقارب حجم خلايا الهيتروفيل ونواتها تكون ذات شكل كروي او بيضوي واحياناً يكون مفصص وتفاعل النواة يكون قاعدي خفيف اما السايتوبلازم فيكون كبير وخالي من اللون الذي تكثر فيه الحبيبات القاعدية (Basophilic granules) التي اظهرها المجهر الالكتروني ذات احجام متباينة.



اما خلايا الدم البيض غير الحبيبية (Ungranular) فتشمل :

1.الخلايا اللمفاوية (Lymphocyte)

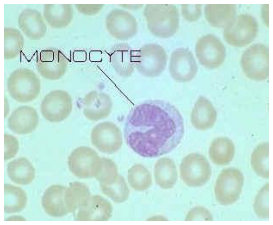
تبلغ نسبة الخلايا اللمفاوية من مجموع خلايا الدم البيض حوالي 60–80% في الدجاج ، وبذلك فان الخلايا اللمفاوية تمثل النسبة الاعظم من بقية انواع خلايا الدم البيض في الدجاج ، وهي على نوعين في الطيور تنتج الاولى في غدة التوثة (Thymus Gland) وتسمى بـ T-Lymphocyte حيث يكون عمرها اطول من النوع الثاني الذي يتكون في جراب فابريشا (Bursa of Fabricia) وتنتج منه النوع الثاني من الخلايا والمسمى بـB-Lymphocyte ،



تمتاز الخلايا اللمفاوية بالتباين الكبير في حجمها وشكلها ويكون سايتوبلازمها اليف الصبغة القاعدية الزرقاء وتكون نواتها كروية كبيرة مع وجود ثلمة او بعجة فيها وهي اليفة الصبغة الارجوانية ، ويمكن ملاحظة ان السايتوبلازم يكون عبارة عن شريط ضيق وعلى جهة واحدة مع النواة في الخلايا اللمفية الصغيرة اما الكبيرة فيؤلف السايتوبلازم الجزء الاعظم من الخلية.

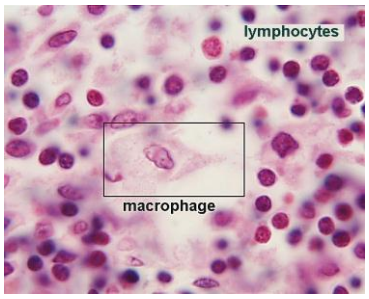
1.الخلايا وحيدة النواة (Monocyte)

تبلغ نسبة خلايا وحيدة النواة حوالي 1–10% من مجموع الخلايا البيض الدجاج ، ويصعب في احيان كثيرة التمييز بين خلايا وحيدة النواة والخلايا اللمفاوية الكبيرة (Large Lymphocyte) في الطيور ويعود ذلك الى وجود الاشكال الانتقالية بينهما ولكن تبقى وحيدة النواة اكبر حجماً وسايتوبلازمها اكبر نسبياً من الخلايا اللمفاوية الكبيرة ، ويصطبغ سايتوبلازم وحيدة النواة بالصبغة الرمادية الزرقاء الخفيفة ونواتها تصطبغ باللون الارجواني كما في الخلايا اللمفاوية ، وعادة تكون نواة وحيدة النواة غير منتظمة الشكل.



تمثل نسبة خلايا Heterophil الى الخلايا Lymphocyte (H/L ratio) احد الفحوصات المستعملة في الوقت الحاضر للدلالة على وجود حالة الإجهاد (Stress) في الطير ام لا ، حيث ان النسبة الطبيعية لها هي 25% وعند زيادتها الى 40% او اكثر يعني دخول الطير في حالة الاجهاد كما هو الحال عند تعرض الطيور لاجهاد حراري.

تنحدر من خلايا وحيدة النواة وكما هو موضح في الشكل في الصفحة السابقة خلايا مهمة جداً في المناعة وهي خلايا البلعم الكبير (Macrophage) ، وتتصف هذه الخلايا بوجود نواة كبيرة الحجم كما يتصف سايتوبلازمها بوجود عدد كبير من الاجسام الحالة (Lysosomes) ، ونظراً للاختلاف الكبير في اماكن تواجدها ، وتركيبها ووظيفتها فلقد سميت البلعم الكبير باسماء مختلفة مثل Monocyte وهي الخلايا الموجودة في الدم و Histiocytes



وهي البلعم الكبير الموجود في الانسجة خارج الاوعية الدموية ، والبلعم الكبير في الكبد يطلق عليه Kupffer cells ، والبلعم الكبير الموجود في الانسجة يسمى Macrophage ، والبلعم الكبير الموجود في الرئتين يسمى Alveolar macrophage ، والبلعم الكبير الموجود في الجلد يسمى Langerhanse macrophage ، والبلعم الكبير الموجود في الانسجة العصبية يسمى بـMicroglar ، والبلعم الموجود في العقد اللمفاوية يسمى بـ Dendiratic macrophage.

تشترك خلايا الدم البيض بانواعها في آليات الدفاع عن الجسم ضد المسببات المرضية وكما سيتم شرحه ان شاء الله تعالى في فصل المناعة.

ان الاجراءات الروتينية المستعملة في عد خلايا الدم البيض في الثدييات هي نفسها في الطيور مع بعض الاستثناءات ، إذ عادة تعد جميع الخلايا داخل حجرة خاصة (Special chamber) حيث يخفف الدم عادة 1000:1 جزء بدلاً من 200:1 قبل ان يوضع في حجرة العد ، اما الاستثناءات فتتمثل في الصعوبات التي تصاحب تقدير السكريات البيضاء في الطيور وخاصة فيما يتعلق بوجود النواة في خلاي الدم الحمراء في الطيور وبما ان معظم السوائل المخففة المستعملة تحتوي على حامض الخليك (Acetic Acid) الذي يقوم باذابة كريات الدم عديمة النواة في الثدييات ، وهذه السوائل تكون غير ذات فائدة في دم الطيور لانها تعمل على تقلص Stroma الخلايا الحمر حول نواتها مما يتسبب عنها صعوبة التفريق بين الخلايا الحمر والبيض ، ولذلك وصف كل من Natt و Herrick محلولاً مخففاً آخر استعمل في تقدير خلايا الدم البيض في الطيور حيث يحتوي المحلول المخفف المذكور على Methyl violet.

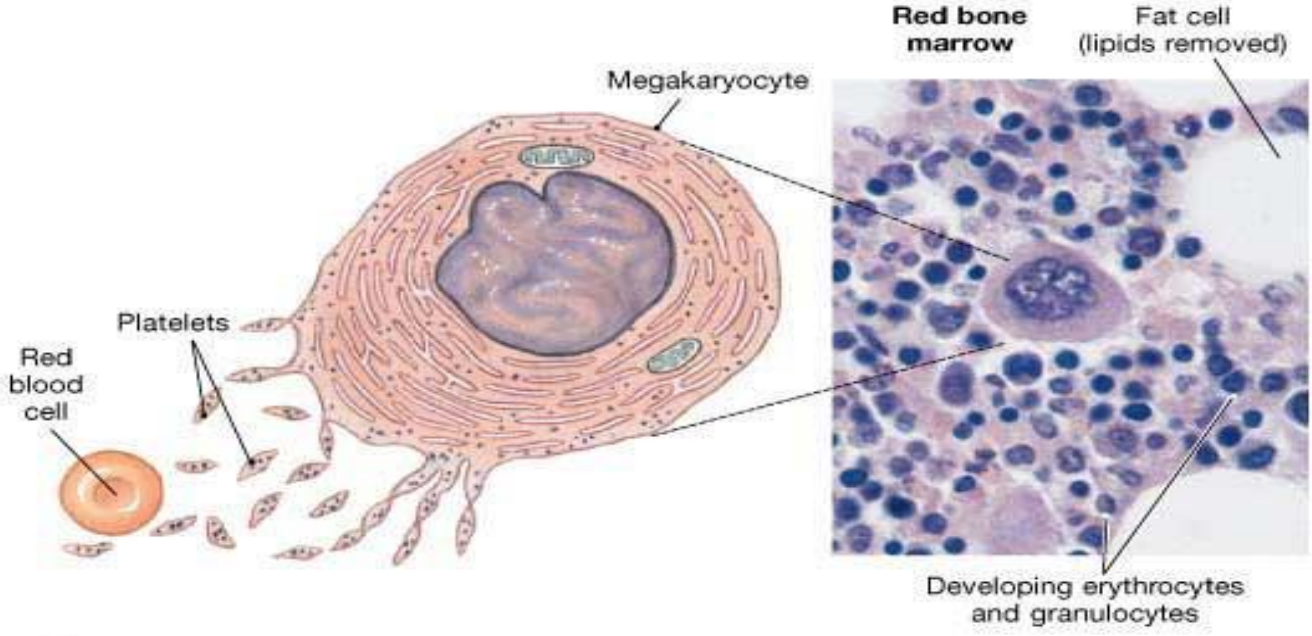
الصفيحات الدموية (Platelets)

تسمى ايضاً بـ Thrombocyte ، تشابه الصفيحات الدموية خلايا الدم الحمر من حيث مظهرها الخارجي واحتوائها على نواة ولكنها اصغر حجماً منها وتكون نواتها اكبر حجماً واكثر دائرية وتقع في مركز الخلية ، تبلغ اعدادها في معظم انواع الطيور ما بين 20 –30 الف صفيحة لكل ملمتر مكعب من الدم.

تنشأ الصفيحات الدموية في الثدييات من الخلايا العملاقة النواء (Megakaryocytes) الموجودة في الرئة ونخاع العظم ولا توجد هذه

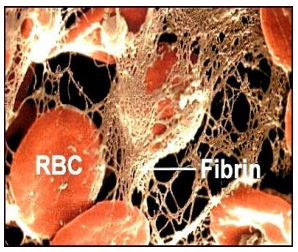
الخلايا في نخاع عظم الطيور لذلك فتنشأ الصفيحات الدموية في الطيور من خلايا سالفة وحيدة النواة (Mono nucleated cells) ، وقد شك بعض الباحثين بهذه الافتراضات وافترضوا وجود خلايا كبيرة في نخاع العظم في الطيور الا انها غير مشابهة لتلك التي في الثدييات (الخلايا العملاقة النواء) حيث تظهر انها ذات انوية عديدة (Multi nucleated cells) ويمكن افتراضها على انها سوالف الصفيحات الدموية ، وقد اقترحت بعض المصادر الى ان الصفيحات الدموية للطيور تنتسب الى سلاسل خلايا الدم الحمر (Erythrocytes series).

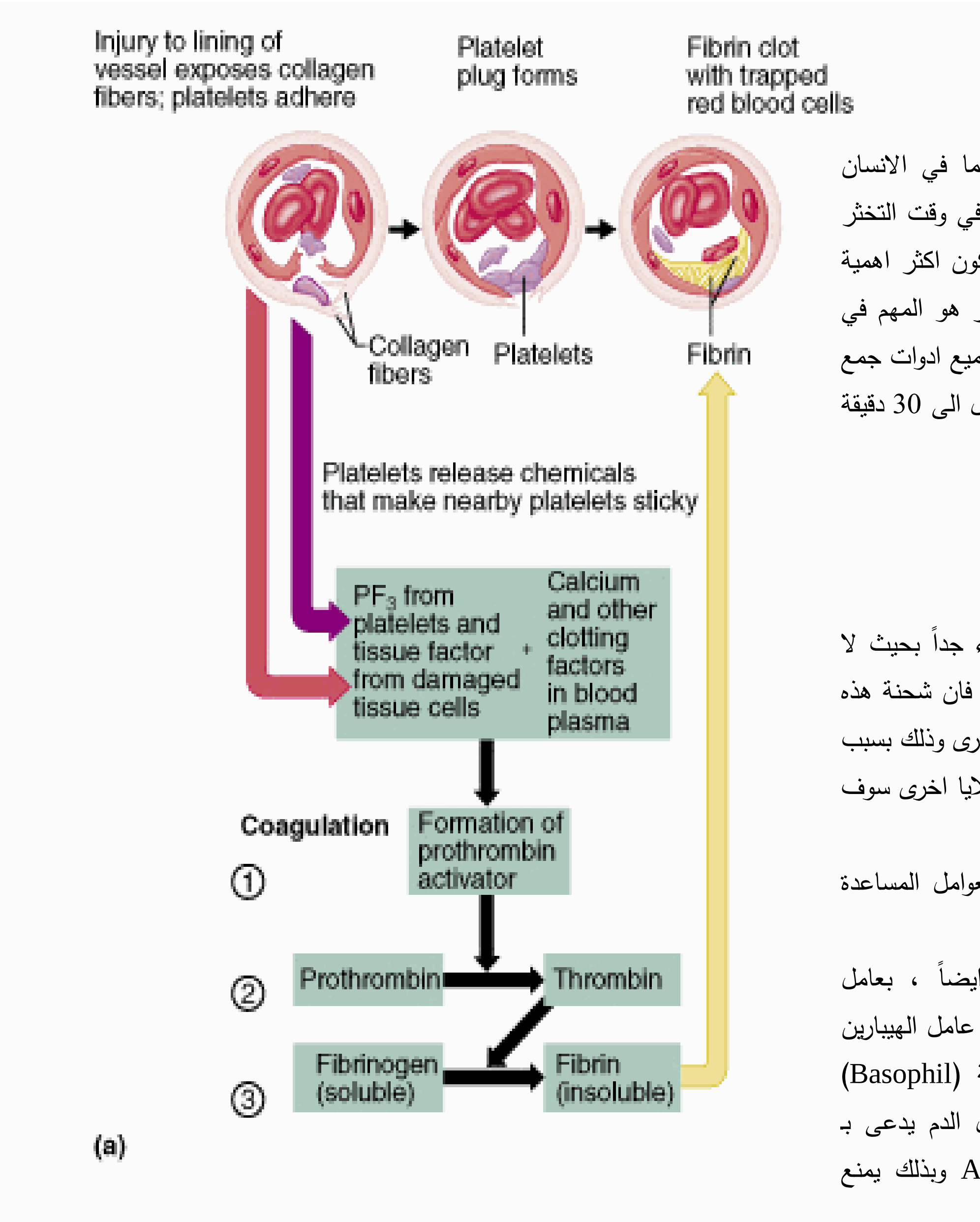
وكما هو موضح في الشكل ادناه فان عملية التخثر يحدث فيها تحول بروتين Prothrombin وبوجود عامل مساعد هو ايونات الكالسيوم الى Thrombin ويعمل هذا المركب البروتيني الاخير على تحويل Fibrinogen الى Fibrin ، وتعد خيوط Fibrin هي الخطوة الخاصة بعملية تخثر الدم ، يكون دور الصفيحات الدموية في عملية تخثر الدم من جانبين ، الاول هو تكسر الصفيحات الدموية في موقع النزيف وافراز انزيم Thrombokinase ، الثاني هو ان وصول الصفيحات الدموية الى موقع النزيف او التخثر يؤدي الى انها تصبح فيها نوع من الانتفاخ واللزوجة وتكون شبكة (Platelets Plug) او ما يسمى بالسدادة وهذه الأخيرة وحدها تكون كافية لكي تحول دون استمرار عملية نزف الدم.



Megakaryocytes and Platelet Formation. Megakaryocytes stand out in bone marrow sections because they are enormous and have a nucleus with an unusual shape. These cells continuously shed chunks of cytoplasm that enter the circulation as platelets. (LM × 623)

ان اهم وظيفة للصفيحات الدموية هي منع النزيف الحاصل من تمزق الاوعية الدموية اضافة الى دورها الكبير في عملية تخثر الدم (Blood Coagulation) والتي هي عبارة عن تغيرات كيميائية تحصل بوجود انزيمات وايونات خاصة بالدم تسمى عوامل التخثر (Blood Clotting Factors) ، ومن اهم المواد الاساسية التي تشترك في عملية تخثر الدم هي بروتين Fibrinogen وبروتين Prothrombin وكذلك ايون الكالسيوم والصفائح الدموية.





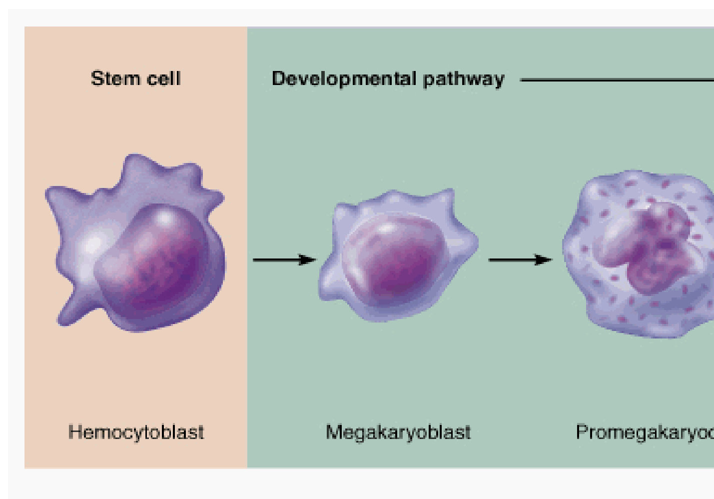
يستغرق تخثر الدم في الطيور حوالي 15 دقيقة اما في الانسان فيستغرق حوالي 5–10 دقائق ، ويرجع سبب الاختلاف في وقت التخثر الى ان اتصال الدم النازف بسطح عادي مثل الزجاج يكون اكثر اهمية لتخثر دم الانسان من اصابة او تلف النسيج الذي يعتبر هو المهم في تخثر دم الطيور ، لذلك فعند تغطية الانبوب الزجاجي وجميع ادوات جمع الدم من الداخل بمادة السليكون فان تخثر دم الانسان يصل الى 30 دقيقة في حين يبقى وقت تخثر دم الطيور 15 دقيقة.

الاسباب التي تمنع تخثر الدم في الاوعية الدموية

1.تمتاز الاوعية الدموية بانها مبطنة بطبقة خلايا ملساء جداً بحيث لا تسمح باي اتصال للمواد الخاصة بتخثر الدم ، وكذلك فان شحنة هذه الطبقة سالبة ولذلك فهي تمنع وقوف أي شحنة سالبة اخرى وذلك بسبب حدوث التنافر ولذلك فان الصفيحات الدموية او أي خلايا اخرى سوف لا تستقر على أي منطقة داخل الاوعية الدموية.

2.سرعة جريان الدم في الاوعية الدموية تمنع تجمع العوامل المساعدة على تخثر الدم في الاوعية الدموية.

3.وجود مواد تسمى Anti – thrombin وتسمى ايضاً ، بعامل الهيبارين (Heparin Factor) تمنع تخثر الدم ، ينتج عامل الهيبارين من الخلايا البدينة (Mast cells) والخلايا القاعدية (Basophil) ويكون عمله تنشيط عامل موجود في البومين مصل الدم يدعى بـ Pro-anti-thrombin ويحوله الى Anti-thrombin وبذلك يمنع تكون Thrombin.



شكل يوضح آلية عمل الصفيحات الدموية في الجروح

الجزء السائل من الدم

كما اشرنا سابقاً في مكونات الدم الكامل وكما هو موضح في الشكل فان الجزء السائل يسمى بلازما اذا تم استعمال مانع تخثر الدم في عملية فصل مكونات الدم ويسمى مصل اذا لم يتم استعمال مانع تخثر ، والفرق ما بين الاثنين هو وجود او عدم وجود بروتينات خاصة بعملية التخثر والصفيحات الدموية والعوامل الخاصة بعملية التخثر.

يحتوي بلازما الدم في الدجاج على البروتين بنسبة 3–6 ملغرام لكل 100 مللتر بلازما وعلى مكونات عديدة اخرى تشمل الماء والغازات وسكر الكلوكوز ودهون ومواد نايتروجينية غير بروتينية واحماض امينية ومواد اخرى غير عضوية وهرمونات ، ويمكن تقسيم بروتينات مصل الدم الى الالبومين (Albumin) و Prealbumin و Globulin والذي ينقسم الى الفا وبيتا وكاما ، اما البلازما فيضاف لها البروتينات الخاصة بعملية التخثر وهي Fibrinogen.

يحتوي مصل او بلازما الدم على حامض البوليك (Uric Acid) وهو ناتج الهدم الابتدائي للبروتين والمواد الناتروجينية غير البروتينية ،وان القيمة الطبيعية لحامض اليوريك في دم اغلب الطيور تتراوح ما بين 2–15 ملغم/100مل بلازما دم .

يمكن تقدير الكولسترول في بلازما او مصل الدم للدجاج ويلاحظ حصول اختلاف في تركيز كولسترول بلازما دم فروج اللحم لموسمي الصيف والشتاء اذ كان تركيز الكولسترول يساوي 76 و70.5 ملغ/100 مل على التوالي.

اجمعت العديد من الدراسات على امكانية اغلب الحيوانات ولاسيما الطيور من تصنيع فيتامين C ذاتيا ويوجد هذا الفيتامين في مايتوكوندريا الخلايا وله دور في تحفيز التفاعلات التنفسية وهو ينتج في الطيور من حامض Glucuronic خلال عملية ألا كسدة الدورية للسكريات ولاسيما سكر الكلوكوز وعند تعرض الدجاج لدرجات حرارة متغيرة (23.9 و311 °م) فان تركيز فيتامين Cيكون 1.42 و1.17 نانوغرام /10مل بلازما الدم على التوالي.

يكون تركيز الكلوكوز في بلازما دم الدجاج ما بين 200 الى 250 ملغرام لكل 100 مللتر بلازما او مصل ويتباين تبعاً للتأثير الخارجية والداخلية التي تحيط بالطير.

يحتوي مصل او بلازما الدم على بعض الانزيمات المهمة والتي من خلال قياسها يمكن ان تعطي مؤشراً على وجود خلل في التوازن الداخلي في الجسم من هذه الانزيمات هو انزيم الفوسفاتيز القلوي (Alkaline Phosphatase) والذي يرمز له بـ ALP وهو من الانزيمات غير النوعية في الطيور ، تعمل على التحلل المائي للاسترات الفسفورية (Ester Phosphate) وانتاج الفوسفات غير العضوية (Inorganic Phosphore) ويعمل هذا الانزيم ضمن وسط قاعدي وهذا الانزيم ذو انتشار واسع في الجسم ويكون موجوداً بتراكيز عالية في العظم والمخاطية المعوية وخلايا النبيبات والكبد ،

وتقترن زيادة الانزيم بامراض العظم والمصحوبة بزيادة فعالية خلايا الأرومة العظمية (Osteoblastic activity) او مع إمراض الجهاز الكبدي الصفراوي (Hepato-Biliary) ، ويمكن القول بان إنزيم ALP يعطي مؤشراً ضعيفاً لامراض الكبد ومؤشراً قوياً لإمراض العظم ، ولوحظ ان ارتفاع درجات الحرارة البيئية او انخفاض تركيز الكالسيوم يمكن ان يؤدي الى زيادة تركيز هذا الإنزيم في البلازما او مصل الدم.

من الإنزيمات المهمة ايضاً في بلازما او مصل الدم هي الإنزيمات الناقلة لمجموعة الأمين (Transaminase enzymes) مثل إنزيم Alannin aminotransesterase ويرمز له بـ ALT والذي كان يسمى قديماً بانزيم Glutamic Pyruvic Transaminase والذي يرمز له بـGPT ، اما الانزيم الثاني فهو انزيم Aspartate aminotransaminase ويرمز له بـ AST والذي كان يسمى قديماً بـGlutamic Oxaloacetic Transaminase ويرمز له بـ GOT ، تعمل هذه الانزيمات على نقل مجموعة الامين من الاحماض الامينية الى الاحماض الكيتونية وبالعكس ، وهي تنتشر في الانسجة وتنتقل الى المصل بعد تحطم الانسجة ، وبما ان الوظائف الرئيسية لهذه الانزيمات تتم في داخل الخلية لذلك فان الزيادة التي تلاحظ في مصل او بلازما الدم هي عادة انعكاس لتحطيم الخلايا او حصول حالة مرضية.

بروتينات الصدمة الحرارية
(Heat Shock Proteins)

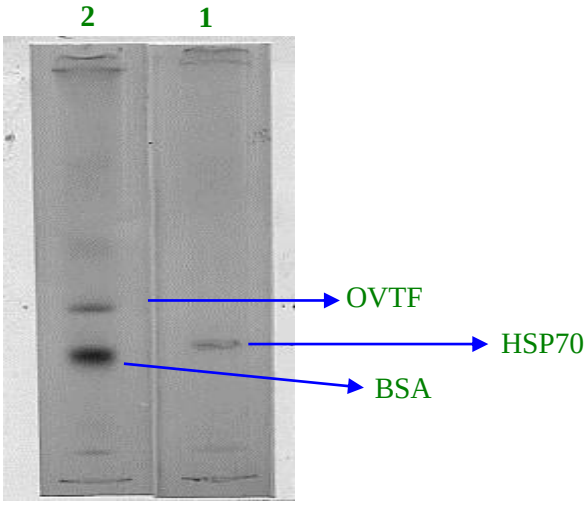
وهي عبارة عن مرافقات جزيئية (Molecular chaperones) تحمي البروتينات في داخل الخلايا من الدنترة وتسهل إعادة الالتفاف للبروتينات التي بالامكان إعادة التفافها اما في حالة البروتينات المدمرة غير القابلة للإعادة تتم ازالتها من الخلية بعملية التحلل البروتيني (Protolysis) ، ويرمز لبروتينات الصدمة الحرارية بـ HSP (Heat Shock Proteins) ، ان الاستجابة لافراز هذه البروتينات في الخلية تتبع الارتفاع المفاجئ لدرجات الحرارة فوق المديات الطبيعية 30–42°م فضلاً على عوامل الاجهاد الاخرى مثل الايثانول ، التجمعات غير الطبيعية للبروتينات داخل الخلايا والاشعة الفوق بنفسجية إلى غيرها من العوامل

المحثة للاستجابة للاجهاد ، على العموم فان بروتينات الإجهاد الحراري في الطيور قد قسمت بصورة عامة إلى ثلاث مجاميع رئيسية من البروتينات هي ذات الأوزان من 20KDa إلى 30KDa ومن 65KDa إلى 70KDa ومن 80KDa إلى 90KDa ، وكذلك لوحظت في الدجاج والسمان وفي الديك الرومي ووجدت في الدجاج البالغ اوزان جزيئية اكبر من الاوزان الجزيئية السابقة الذكر وهي 108KDa ووجد في اجنة الدجاج الاوزان الجزيئية 110 KDa و 190 KDa ، بينما وجد في الخلايا اللمفية (Lymphocytes) في الدجاج استجابات لأربعة انواع من HSPs هي 22KDa، 23KDa، 70KDa، 90KDa .

درس الكيال (2004)[2] هذه البروتينات وقام بتنقية بروتين HSP70 من مصل عينات الدم المأخوذة من الطيور وكان الوزن الجزيئي للبروتين HSP70 يساوي 70286 دالتون عند تقديره بطريقة الترشيح الهلامي بعمود Sephacryl-S200 . ووجد ان البروتين المنقى HSP70 هو عبارة عن بروتين كربوهيدراتي (glycoprotein) وتمثل الكربوهيدرات نسبة 22.482% من البروتين ولاحظ ان درجة الحرارة المثلى لعمل بروتين HSP70 مختبرياً 50 درجة مئوية ، ووجد ان لبروتين HSP70 القدرة على حماية انزيم الانفرتيز تحت درجات حرارة عالية 50 و 60 و70 درجة مئوية مختبرياً ، بعد حضن الانزيم مع البروتين وقد احتفظ الانزيم بفعالية متبقية حوالي 70 ، 68 و 60% على التوالي بالمقارنة مع فعالية متبقية 36 ، 26 و صفر% لنفس درجات الحرارة من دون حماية HSP70 على التوالي ولاحظ ان بروتين HSP70 يتأثر بالهضم بالبروتييزات بوساطة انزيم الببسين وعليه لا ينصح باعطاءه عن طريق الجهاز الهضمي ولاحظ ان البروتين (HSP 70) قد وفر مقاومة حرارية مكتسبة مصطنعة بتجربة التحدي من خلال الانخفاض المعنوي لمستوى الهلاك قياساً مع طيور السيطرة من خلال حقنه بالوريد بمقدار 250 مايكروغرام.

يعتقد ان للجزء الكاربوهيدراتي في البروتينات وظيفة وقائية (Protective Function) تتمثل بتوفير الحماية للبروتين تجاه التحلل الذاتي كما انه قد يجعل البروتينات اكثر ثباتاً تجاه درجات الحرارة العالية واكثر ذائبية فضلاً عن انه قد يحد من تأثير المثبطات عليه.

لقد عد البروتين HSP70 بمثابة المقياس الحراري الخلوي Thermometer cellular كبروتين صدمة حرارية للحماية ضد الاجهاد الحاث لموت الخلايا المبرمج (apoptosis) وقدرته العالية على زيادة المقاومة الحرارية (Thermotoleranc) ، وتعتبر قدرة التنظيم لبروتين HSP70 كآلة لحث الموت المبرمج للخلية السرطانية (apoptosis cancer cell) ، وكذلك على تحفيز الخلايا البلعمية لانتاج الانترلوكاين (interlukine) وتنشيط الخلايا العارضة (APC) (Antigen Presenting Cell).



شكل يبين الترحيل الكهربائي لبروتين HSP70 المنقى والمستخلص من دم طيور فروج اللحم المجهدة حرارياً في هلام متعدد الاكريلمايد بوجود SDS مقارنة مع بروتينات قياسية:

1.نموذج بروتين HSP70 المنقى بطريقة الترشيح الهلامي على عمود Sephacryl-S200

2.نموذج بروتين Ovatransferrine (76000) دالتون وBSA (البومين المصل البقري 6800) دالتون.

البروتينات (Proteins)

هي عبارة عن مركبات عضوية معقدة ، ذات وزن جزيئي كبير ، وهي تنتج من اتحاد عدد كبير من الاحماض الامينية مع تكوين اواصر ببتدية تفصل بينها ، وللبروتينات اوزان جزيئية كبيرة فمثلاً بروتين البومين المصل (Serum Albumen) يبلغ الوزن الجزيئي له 68000 كيلودالتون وكلوبيولين الحليب يبلغ الوزن الجزيئي له 35000 كيلودالتون ، ولما كانت البروتينات ذات وزن جزيئي كبير ، لذلك فهي تعطي محاليل غروية ، كما انها لا تستطيع النفاذ خلال الاغشية شبه الناضحة.

البروتين هو العنصر الغذائي الوحيد الذي لا يخزن في داخل الجسم بالجسم يخزن الكاربوهيدرات على شكل كلايكوجين في الكبد والعضلات حيث يمثل نسبة 40% من الكبد و 1% من وزن العضلات ويمكن ان يسحب هذا الخزين وقت الحاجة ، وتخزن الدهون في الانسجة الدهنية (Adipose Tissue) تحت الجلد او بين العضلات ويسحب هذا الخزين

[2] الكيال، امجد حميد سعيد ،2004. فصل وتنقية وتوصيف بروتينات الصدمة الحرارية HPS70 من دم فروج اللحم المجهد حرارياً.أطروحة دكتوراه، قسم الثروة الحيوانية ، كلية الزراعة ، جامعة بغداد.

عند الحاجة ولكن جسم الانسان والحيوان لا يستطيع ان تخزين البروتين مطلقاً.

تختلف البروتينات من حيث نوع المحاليل التي تذوب فيها ، فبعضها سهل الذوبان في الماء مثل الالبومين وبعضها لا يذوب الا في محاليل الاملاح المخففة مثل الكلوبيولين وبعضها لا يذوب في الماء مطلقاً ، مثل انواع الكيراتين المختلفة ، وبعضها يذوب في القلويات ويترسب بالاحماض مثل كازين الحليب ، ويرجع السبب في تخثر الحليب عند تركه معرضاً للجو الى تلوثه بالبكتريا التي تحول سكر الحليب (اللاكتوز) الى حامض اللاكتيك ، مما يسبب حموضة الحليب ويمنع بقاء الكازين في الحالة الذائبة ، ولذلك ينفصل المحلول في صورة متخثرة.

ولما كانت الاحماض الامينية هي الاساس في تركيب المواد البروتينية لذلك فان دراستها تعطي فهم الحجر الاساس الذي بنيت منه كافة انواع البروتينات في الطبيعة ، هناك عدة تقسيمات للاحماض الامينية ، فمن هذه التقسيمات هو تقسيمها الى احماض امينية اساسية وغير اساسية وكالاتي:

1.الاحماض الامينية الاساسية.

وهي الاحماض الامينية التي لا يستطيع الجسم ان يكونها ، او التي لا يكونها بالسرعة التي تعادل احتياجاته للنمو الطبيعي ، ولذلك يجب ان يزود العلف الجسم بهذه الاحماض الامينية والا فانه ينتج عن غيابها اضرار شديدة للجسم ، ويمكن اختصار الاحماض الامينية الاساسية في العبارة التالية:

P H I L L M V A T T

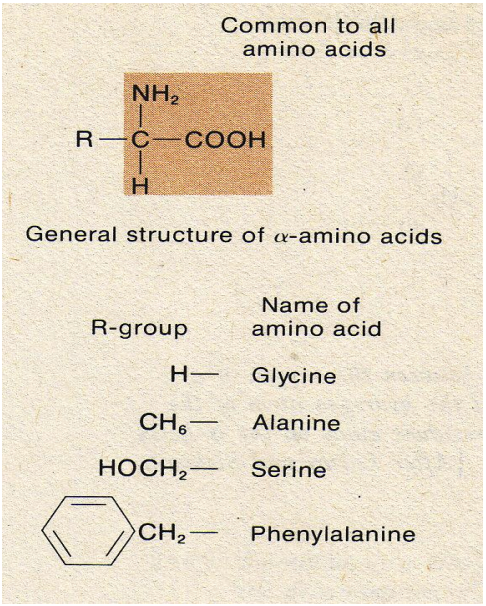
P = Phenylalanine , H = Histidine , I = Isoleucine , L = Leucine , L = Lysine , M = Methionine , V = Valine , A = Arginine , T = Threonine , T = Tryptophane

2.الاحماض الامينية غير الاساسية

وهي الاحماض الامينية التي يمكن للجسم ان يصنعها ، ولذلك فان الجسم لا يعاني شيئاً من نقصها في الطعام ، وهي تشمل جميع الاحماض الامينية المعروفة ما عدا الاحماض الامينية الاساسية والتي سبق ذكرها ، ولا يجب ان يفهم من هذا ان الاحماض الامينية غير الاساسية هي ليست ذات قيمة بالنسبة للجسم ، بل انها في الحقيقة في قيمتها للجسم تعادل قيمة الاحماض الامينية الاساسية وانه لو لا اهميتها للجسم ما قام الجسم بصنعها.

وتقسم الاحماض الامينية ايضاً على اساس المجموعات الامينية والمجموعات الكاربوكسيلية

يكون التركيب العام للاحماض الامينية من مجموعتين وكما هو موضح في الشكل ادناه ، مجموعة امينية (NH_3) ومجموعة كاربوكسيلية (COOH) ويرتبط بها السلسلة الجانبية (R) التي تختلف ما بين حامض اميني الى اخر .



1.الاحماض الامينية المتعادلة

وهي التي تحتوي على مجموعة امينية واحدة (مجموعة قاعدية) ومجموعة كاربوكسيلية (مجموعة حامضية) واحدة ومن امثلة الاحماض الامينية المتعادلة هي الكلايسين والالانين ...الخ.

2.الاحماض الامينية الحامضية

وهي الاحماض الامينية التي تحتوي على مجموعتين حامضتين (كاربوكسيليتين) ومجموعة قاعدية واحدة (مجموعة امينية واحدة) ومن امثلة هذه الاحماض الامينية هي حامض الاسبارتك وحامض الكلوتامك.

3.الاحماض الامينية القاعدية

وهي التي تحتوي على مجموعتين امينيتين ومجموعة كاربوكسيلية واحدة ، ومن الامثلة على ذلك الحامض الاميني اللايسين والارجنين ..الخ.

وان تجمع هذه الاحماض الامينية بهذه الصور السابقة ادى الى تكون البروتينات بصور الاتية:

1.بروتينات متعادلة : وهي التي تحتوي على احماض امينية غالبيتها من الاحماض الامينية المتعادلة (التي تحتوي على مجموعة واحدة كاربوكسيلية ومجموعة واحدة امينية).

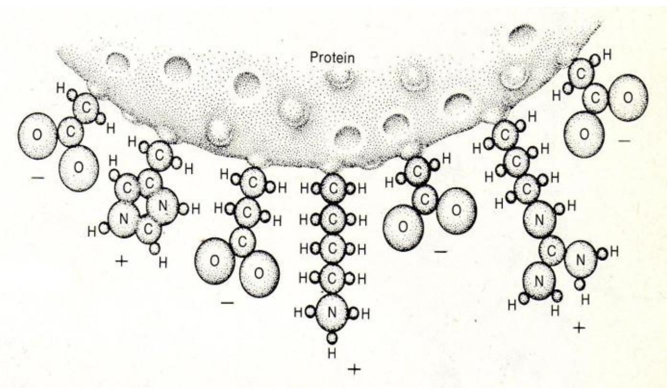
2.بروتينات حامضية : وهي التي تحتوي على نسبة كبيرة من الاحماض (التي تحتوي على مجموعتين كاربوكسيليتين ومجموعة امينية واحدة) مثل حامض الاسبارتك وحامض الكلوتامك.

3.بروتينات قاعدية : وهي التي تحتوي على نسبة كبيرة من الاحماض الامينية القاعدية (التي تحتوي على مجموعتين امينيتين ومجموعة كاربوكسيلية واحدة) كاللايسين والارجنين.

Glycine (Gly)	—H	→	-
Alanine (Ala)	—CH_3	→	–
	CH_3		

Cystein
Methior

والشكل التالي يوضح البروتينات والشحنات التي تحملها تبعاً لبقايا الاحماض الامينية (Residual)

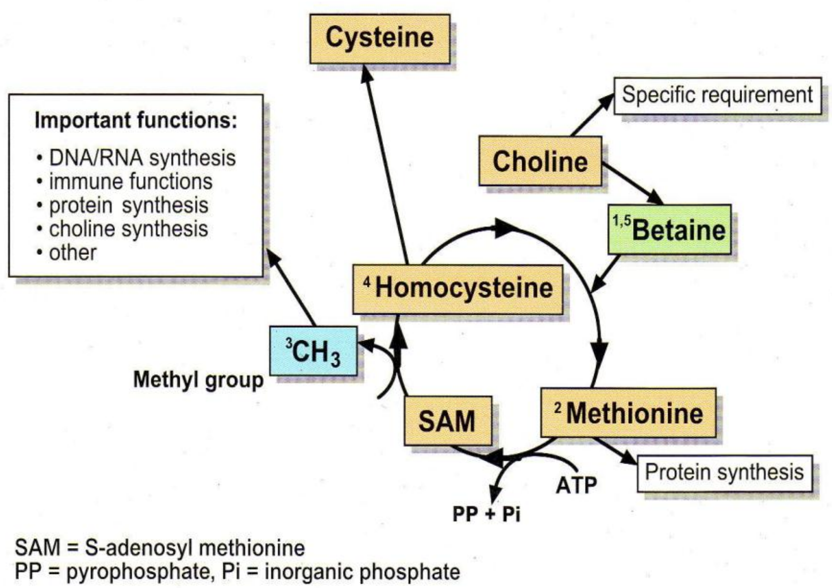


ومن اهم الاحماض الامينية التي يجب تواجدها بنسب عالية في العليقة هو الحامض الاميني المثيونين ، ويمكن تلخيص اهميته بالنقاط الاتية:

1. هو احد الاحماض الامينية الاساسية التي يجب ان توجد بالعلف ، حيث ان جسم الدجاج غير قادر على صنعها.
2. يحتوي المثيونين على الكبريت وبذلك فانه يزود الجسم بهذا العنصر المهم.
3. في استطاعة المثيونين بداخل الجسم ان يعطي كل من الحامضين الامينين سستين وسستئين ، وفي الوقت ذاته لا يمكن لهذين الحامضين ان يعطيا الحامض الاميني مثيونين.

ويمكن ان يعمل هذا المركب على منح مجاميع المثيل في دورة نقل المثيل (Transmethylation cycle) وكما هو موضح في الشكل ادناه:

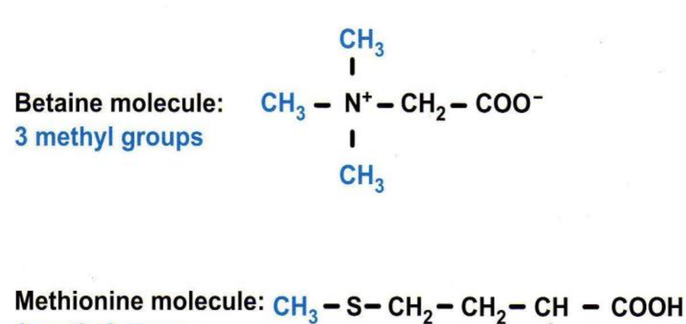
The transmethylation cycle



1. Betaine provides a methyl group to convert homocysteine to methionine.
2. Methionine receives an adenosyl group from ATP to produce S-adenosyl methionine (SAM).
3. The methyl group from SAM is used in other important chemical reactions, such as DNA/RNA and protein synthesis and immune response mechanisms.
4. Homocysteine is produced as a result of the methyl group being lost from SAM.
5. Another methyl group from betaine is required to recycle homocysteine back to methionine.

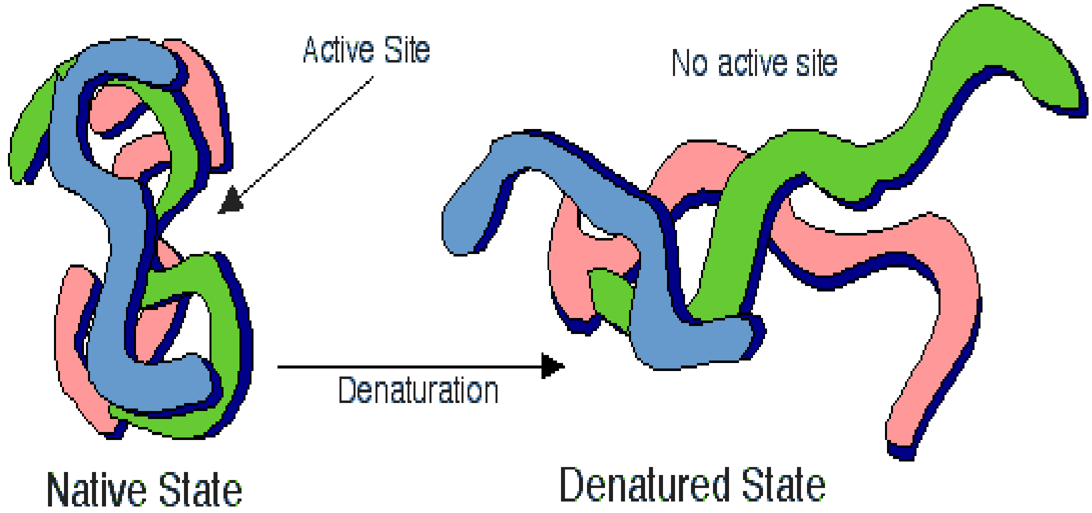
4. يحتوي المثيونين على مجموعة مثيل قابلة للانتقال منه الى بعض المركبات الاخرى التي في حاجة الى مثل هذه المجموعة ويعد المثيونين في هذه الحالة هو المانح للمجموعة المثيلية وفي الوقت نفسه يسمى المركب الذي يستفيد من هذه المجموعة بالمركب القابل للمجموعة المثيلية ، وقد ظهرت في الوقت الحاضر عدة منتجات تجارية تحوي على مركبات واهبة للمجاميع المثيلية مثل ذلك مركب البيتاين (Betaine) الذي يحتوي على ثلاثة مجاميع مثيل بدل واحدة في المثيونين وكما هو موضح في الشكل ادناه :

Betaine and methionine as methyl donors



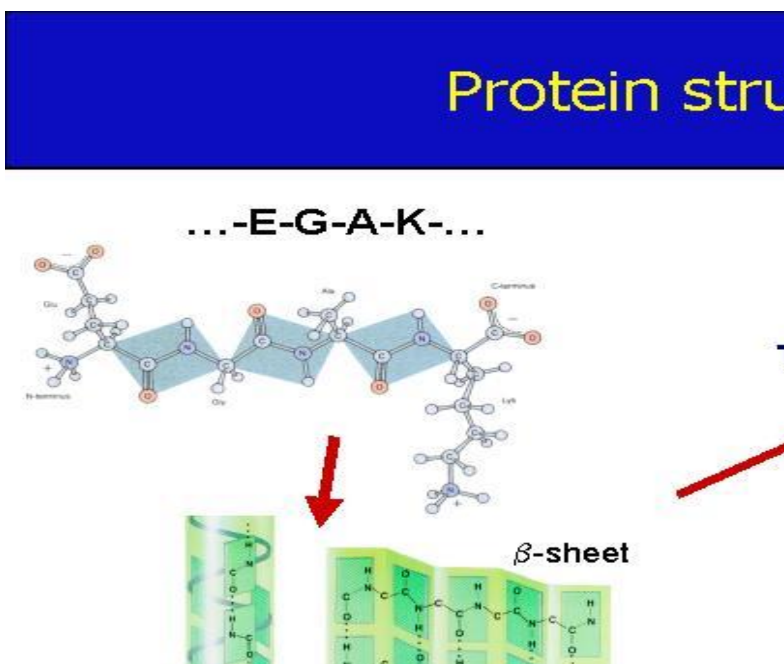
كما اسلفنا الذكر بالنسبة لتصنيع البروتين في الخلية فلاحظنا ان هناك عدة تراكيب للبروتين منها الاولي والثانوي والثالثي والرابعي وكما هو موضح في الشكل ادناه:

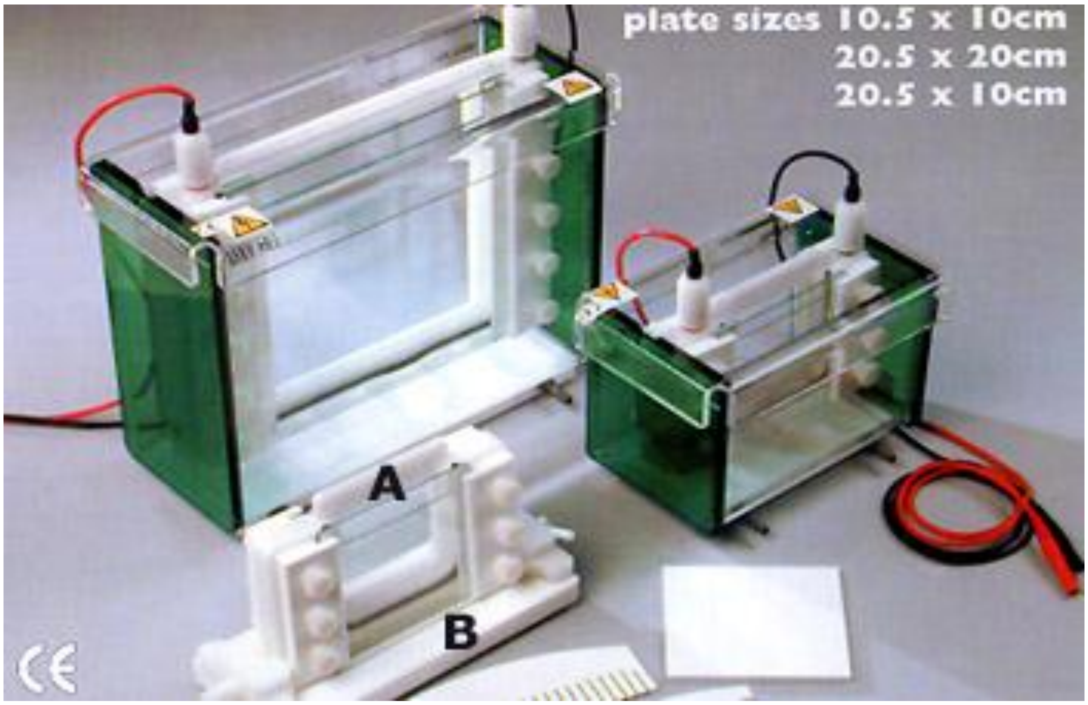
ان أي تغير في تركيب البروتين يسبب في حدوث الدنترة (Denaturation) له وكما هو موضح في الشكل ادناه:



طريقة فصل البروتينات بواسطة الهجرة الكهربائية (Electrophoresis)

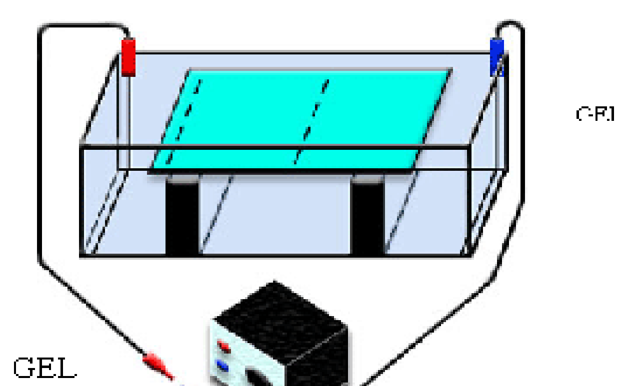
بما ان البروتينات تحمل شحنة موجبة في الوسط الحامضي وشحنة سالبة في الوسط القاعدي ، وعلى ذلك فاذا كان هناك خليط من عدة بروتينات مختلفة وذات اوزان جزيئية متباينة ، ولكنها جميعاً تحمل شحنة موجبة مثلاً (في وسط حامضي) ، فانها تنتقل جميعاً الى المهبط عند وجودها في مجال كهربائي ، وتتباين هذه البروتينات المختلفة من حيث سرعة انتقالها الى المهبط ، إذ انه كلما صغر الوزن الجزيئي للبروتين ، كلما زادت سرعة وصوله الى المهبط ، وعلى ذلك فوصول هذه الانواع المختلفة الى الكاثود ، يكون بترتيب اوزانها الجزيئية ،

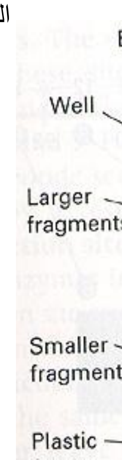




ويكون اسرعها في الوصول هو اقلها في الوزن الجزيئي ، وباستعمال بلازما الدم مثلاً وجد انه ليس كما كان يظن قديماً انه يتكون من نوع واحد من الكلوبيولين بل وجد انه يحتوي على ثلاثة انواع هي الفا وبيتا وكاما كلوبيولين ، ولقد وجد ان اسرع بروتينات الدم في الوصول الى القطب الكهربائي هو الالبومين (اقلهم في الوزن الجزيئي) ثم يليه الفا كلوبيولين ، ثم بيتا كلوبيولين ، ثم الفايبرينوجين ، ثم كاما كلوبيولين.

ولا تقتصر اهمية الترحيل الكهربائي على فصل البروتينات ، بل انها تعين نقطة التعادل الكهربائي للبروتينات (Iso electric point) والتي يرمز لها PI ، وهي النقطة التي عندها لا ينتقل البروتين سواء الى القطب الموجب او السالب بل يظل في مكانه.





المصادر

Sturkie, P. D. (Ed.). (2012). *Avian physiology*. Springer Science & Business Media.

McLelland, J. (1990). *A colour atlas of avian anatomy*. Wolfe Medical Publications Ltd..

Bond, A. B. (2017). Bird Brain: An Exploration of Avian Intelligence.

Sasanami, T. (Ed.). (2017). *Avian Reproduction: From Behavior to Molecules* (Vol. 1001). Springer.